

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Профиль Электропривод и автоматика

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Частотно-регулируемый электропривод механизма передвижения крана КМ 20/5

УДК 62-83-523:621.873.2/.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4А1	Жуков Алексей Вадимович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ляпушкин С.В.	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Розаев И.А.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мелик-Гайказян М.В.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сотникова А.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

И. о. руководителя ОЭЭ ИШЭ	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ивашутенко А.С.	к.т.н.		

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения
Р 1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>электрических устройств, объектов и систем.</i>
Р 2	Уметь формулировать задачи в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
Р 3	Уметь проектировать <i>электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.</i>
Р 4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния <i>электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники</i> , интерпретировать данные и делать выводы.
Р 5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области <i>электроэнергетики и электротехники.</i>
Р 6	Иметь практические знания принципов и технологий <i>электроэнергетической и электротехнической</i> отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
Р 7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>электроэнергетики и электротехники</i>
Р 8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>электроэнергетики и электротехники.</i>
Р 9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>электроэнергетики и электротехники.</i>
Р 10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
Р 11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
Р 12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области <i>электроэнергетики и электротехники.</i>

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Профиль Электропривод и автоматика

УТВЕРЖДАЮ:

И. о. руководителя ОЭЭ ИШЭ

_____ А.С. Ивашутенко

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г4А1	Жукову Алексею Вадимовичу

Тема работы:

Частотно-регулируемый электропривод механизма передвижения крана КМ 20/5	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 3483/с от 06.05.2019г

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2019г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Материалы преддипломной практики, техническая литература, техническая документация.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Введение; описание технологического процесса; Выбор мощности двигателя, расчет параметров элементов и характеристик силовой цепи, расчет и построение механических и электромеханических характеристик системы ПЧ-АД, оптимизация контуров регулирования, тока, потокосцепления и скорости, разработка нелинейной модели САУ РЭП переменного тока с векторным управлением в среде Matlab, социальная ответственность проекта; финансовый менеджмент; заключение.

Перечень графического материала	<ul style="list-style-type: none"> - схема кинематическая механизма передвижения; - схема электрическая функциональная; - схема структурная короткозамкнутого асинхронного двигателя в неподвижной системе координат; - схема структурная динамической модели короткозамкнутого асинхронного двигателя во вращающейся системе координат; - схема имитационной модели короткозамкнутого асинхронного двигателя во вращающейся системе координат; - технико-экономические показатели;
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна
Социальная ответственность	Сотникова Анна Александровна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:
Заключение

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.04.2019г.
---	--------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ляпушкин С.В.	к.т.н.		05.04.2019г.
Ассистент	Розаев И.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-5Г4А1	Жуков Алексей Вадимович		05.04.2019г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Профиль Электропривод и автоматика

Период выполнения весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.19г.
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
23.05.2019	Основная часть	60
15.05.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
17.05.2019	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ляпушкин С.В.	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Розаев И.А.			

СОГЛАСОВАНО:

И. о. руководителя ОЭЭ ИШЭ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ивашутенко А.С.	к.т.н.		

РЕФЕРАТ

Мостовой кран, асинхронный частотно – регулируемый электропривод, преобразователь частоты, система автоматического управления, статические и динамические характеристики.

Объектом модернизации является электропривод мостового крана грузоподъемностью 20 тонн.

Цель работы - разработка частотно регулируемого электропривода в соответствии с требованиями технического задания и исследование его работы методом моделирования на ЭВМ.

В ходе работы был разработан электропривод, удовлетворяющий условиям технического задания.

ВКР выполнена в текстовом редакторе MicrosoftWord 2010, статическом редакторе MicrosoftExcel 2010, графическом редакторе Visio 2010 SP1. Расчёты производились с помощью пакета прикладных программ MathCAD 2010 ProfessionalRus. Имитационное моделирование электропривода выполнено с помощью пакета программ MatLab10.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Разработать регулируемый электропривод для механизма подъема крана, удовлетворяющий следующим техническим требованиям и условиям:

1 Грузоподъемность – 20/5 т, максимальная высота подъема – 28 м, максимальная скорость подъема – 7,5 м/с.

2 Режим работы – повторно–кратковременный, нагрузка переменная, активная по характеру.

3 Электропривод реверсивный, диапазон регулирования скорости не менее 20.

4 Погрешность поддержания скорости на нижней характеристики не более 10 %.

5 Плавность переходных процессов припуске и торможении, время пуска и торможения (1-2)с.

6 Приводной двигатель МКТФ-312-6, мощностью 15кВт

7 Преобразователь частоты 2UZ SINAMICS G120 POWER MODULE PM240, 18,5KW, $I_{ном}=40A$ с управляющим модулем SINAMICS G120 CONTROL UNIT CU240S, производства SIEMENS.

8 Параметры механизма: $V_{макс}=0,13$ м/с, $i_{ред}=50$, $i_{пол}=3$, $R_б=0,2$ м, $J_{мех прив макс}=0,078$ кг · м², $J_{мех прив мин}=0,06$ кг · м², $M_{гр прив макс}=130$ Н · м, $M_{гр прив мин}=1$ Н · м, $\Delta M_{с прив}=16$ Н · м.

9 Максимальная скорость электродвигателя:

$$\omega_{макс}=V_{макс} \frac{i_{пол} \cdot i_{ред}}{R_б} = 0,13 \frac{50 \cdot 3}{0,2} = 97,5 \text{ рад/с}$$

10 Питающая сеть – трёхфазная, 380В, 50Гц.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	10
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	13
1.1 ОПИСАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ УСТАНОВКИ И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	13
1.2. АНАЛИЗ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА	19
2 ВЫБОР СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРО ПРИВОДА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ УСТАНОВКИ	19
2.1 ФОРМУЛИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К АВТОМАТИЗИРОВАННОМУ ЭЛЕКТРОПРИВОДУ И СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗАЦИИ	21
2.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНЫХ ВАРИАНТОВ И ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА	23
3 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ СИЛОВОГО КАНАЛА ЭЛЕКТРОПРИВОДА И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ	25
3.1 ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ	25
3.1.1 РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ	27
3.1.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПО КАТАЛОЖНЫМ ДАННЫМ	28
3.1.3 РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ	33
3.1.4. РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДА	37
3.2 МЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДЪЕМА	40
3.2.1 ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕМЕНТОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИВОДА	40
3.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАДАННОЙ ОБЛАСТИ РАБОТЫ	41
3.4 ВЫБОР ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ	42
3.4.1 ПАРАМЕТРЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ	43
4 РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ СО СКАЛЯРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ	44
4.1 РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОПРИВОДА СО СКАЛЯРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ	44
4.2 ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА КРАН СО СКАЛЯРНОМ УПРАВЛЕНИЕМ	52
4.2.1 ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЙ ЭЛЕКТРОПРИВОДА	52
4.2.2 ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕМЕНТОВ СИЛОВОГО КАНАЛА ЭЛЕКТРОПРИВОДА МОСТОВОГО КРАНА	52
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»	58
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	59
5.1 SWOT-АНАЛИЗ	61
5.2 ПЛАНИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА	67

5.2.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ РАБОТ В РАМКАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	68
5.2.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ	69
5.3 СОСТАВЛЕНИЕ СМЕТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА	71
5.3.1 ЗАТРАТЫ НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	72
5.3.2 ПОЛНАЯ ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА ИСПОЛНИТЕЛЕЙ ВКР	73
5.3.3 ОТЧИСЛЕНИЯ ВО ВНЕБЮДЖЕТНЫЕ ФОНДЫ (СТРАХОВЫЕ ОТЧИСЛЕНИЯ)	74
5.3.4 НАКЛАДНЫЕ РАСХОДЫ	75
5.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТА	76
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»	79
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	81
6.1 ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.	81
6.1.1 СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРАВОВЫЕ НОРМЫ ТРУДОВОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА	81
6.1.2 ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ КОМПОНОВКЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ	82
6.2 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	84
6.2.1. АНАЛИЗ ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ, КОТОРЫЕ МОГУТ ВОЗНИКНУТЬ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ	85
6.2.2 АНАЛИЗ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ, КОТОРЫЕ МОГУТ ВОЗНИКНУТЬ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ	88
6.2.3 МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ УРОВНЕЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ	90
6.3 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	93
6.4 БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ.	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	94
CONCLUSION	97
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	98

ВВЕДЕНИЕ

Крановое оборудование является одним из основных средств комплексной механизации всех отраслей народного хозяйства. Расширение отрасли машиностроения, занимающейся производством грузоподъемных машин, является важным направлением развития народного хозяйства для решения задачи всемерного сокращения и ликвидации тяжелого ручного труда.

В настоящее время грузоподъемные машины выпускаются большим числом заводов во многих отраслях народного хозяйства и эти машины используются практически во всех сферах народного хозяйства: при добыче полезных ископаемых, в металлургии, машиностроении, строительстве, на транспорте и др. Подавляющее большинство грузоподъемных машин, изготавливаемых отечественной промышленностью, имеет электрический привод основных рабочих механизмов и поэтому эффективность действия этих машин в значительной степени зависит от качественных показателей используемого кранового электрооборудования.

Электропривод большинства грузоподъемных машин характеризуется повторно-кратковременным режимом работы при большой частоте включений, широком диапазоне регулирования скорости и постоянно возникающих значительных перегрузках при разгоне и торможении механизмов. Особые условия использования электропривода в грузоподъемных машинах явились основой для создания специальных серий электрических двигателей и аппаратов кранового исполнения. В настоящее время крановое электрооборудование имеет в своем составе серии крановых электродвигателей переменного и постоянного тока, серии силовых и магнитных контроллеров, командоаппаратов, кнопочных постов, конечных выключателей, тормозных электромагнитов и электрогидравлических толкателей, пускотормозных резисторов и ряд других аппаратов, комплектующих различные крановые электроприводы.

В крановом электроприводе начали довольно широко применяться различные системы тиристорного регулирования и дистанционного управления по радиоканалу или одному проводу.

Для обеспечения механизированной транспортировки ферромагнитных материалов промышленностью изготавливается две серии грузоподъемных электромагнитов. Производство кранового электрооборудования стало одной из важнейших отраслей электротехнической промышленности.

Для проведения практических инженерных расчетов в настоящее время созданы и внедрены в практику новые прогрессивные и доступные для широкого круга работников методы проектирования большинства крановых электроприводов, отражающие современные направления оптимизации систем и их технико-экономического обоснования.

Среди направлений повышения эффективности использования кранового оборудования можно выделить два основных: снижение энергопотребления и повышение надежности. Использование частотно-регулируемого электропривода на базе асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором позволяет решить обе задачи достаточно невысокими затратами и является на сегодняшний день наиболее эффективным способом модернизации кранового оборудования. Преимуществами применения частотно-регулируемого электропривода по сравнению с другими схемами управления двигателями являются:

- повышение качества и значительная рационализация системы управления;
- автоматическое передвижение груза по заданной программе, т.е. введение крана в систему АСУ ТП;
- возможность согласованного действия нескольких кранов по заданной программе, например при монтажно-сборочных работах;
- увеличение надежности и срока службы как самого привода, так и всех его механизмов;

- упрощение процесса обслуживания;
- экономия электроэнергии;
- создание предпосылок для дальнейшего совершенствования как самих кранов, так и систем управления: введение дистанционного управления, ликвидация приборов контроля грузоподъемности, снижение передаточного отношения редуктора, ликвидация полиспастов и т.д.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка и исследование электропривода механизма передвижения крана грузоподъемностью 20 т.

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 ОПИСАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ УСТАНОВКИ И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Мостовой кран - кран мостового типа, мост которого опирается на надземный рельсовый крановый путь, а грузозахватный орган подвешен к грузовой тележке или электротали, перемещающейся по мосту. Мостовые краны общего назначения изготавливают грузоподъемностью до 320т, специального назначения - до 630 т, пролёты - 60 м, высота подъёма - 50 м.

Краны общего назначения используют при монтаже оборудования, производстве ремонтных работ, для технологических работ в цехах основного производства, на складах, при перегрузочных работах.

Металлоконструкция мостового крана состоит из двух основных частей: моста и тележки. Мост перекрывает рабочий пролёт производственного помещения или склада. Он состоит из двух главных и двух концевых балок. Через ходовые колёса механизма передвижения мост опирается на надземные крановые рельсы. Последние закреплены на подкрановых балках, смонтированных на консолях колонн здания или крановой эстакады. Колёса приводятся через передаточный механизм одним или двумя электродвигателями. Ходовые колёса кранов выполняют двухребордными либо безребордными с горизонтальными направляющими роликами. На главных балках закреплены рельсы, по которым перемещается тележка с помощью своего привода. На её раме размещены один или два механизма подъёма груза, каждый из которых состоит из крюковой подвески, канатного полиспаста, барабана, передаточного механизма, тормоза и электродвигателя. Механизмами крана управляют из кабины, подвешенной к металлоконструкции моста, что позволяет иметь наилучший обзор и безопасность работы, а при необходимости - на тележке (имеет возможность автономно перемещаться вдоль пролёта крана).

При работе крана направления движения крана, тележки и крюка постоянно чередуются. Работа механизма подъёма состоит из периодов

подъёма и опускания груза и периодов подъёма и опускания пустого крюка. Для увеличения производительности крана используют совмещение операций, например одновременное передвижение крана и тележки. Во время навешивания груза на крюк и освобождения крюка двигатель отключён и механизм подъёма не работает.

По назначению разнообразные грузоподъемные машины можно объединить в три группы:

- Универсальные грузоподъемные машины - краны, лебедки, тали, служащие для подъема и перемещения различных грузов при помощи крюкового подвеса на грузовом тросе;

- Грузоподъемные машины для выполнения определенных технологических операций в промышленности, на транспорте и в строительстве;

- Краны для выполнения строительных, монтажных и ремонтных работ, связанных с перемещением машинного оборудования.

В свою очередь, по условиям работы грузоподъемные машины могут быть условно разделены на следующие группы:

- машины универсального назначения, используемые для работы в помещениях при повторно-кратковременном режиме и средней продолжительности работы до 16 ч в сутки;

- машины универсального назначения, используемые для работы в помещениях при повторно-кратковременном режиме и средней продолжительности работы от 8 до 24 ч в сутки;

- машины для выполнения определенных технологических операций, используемые как в помещениях, так и на открытом воздухе при повторно-кратковременном режиме и продолжительностью работы до 24 ч в сутки;

- машины для выполнения разовых и эпизодических грузоподъемных операций, используемые в кратковременных и в повторно-кратковременных режимах с общим годовым числом часов работы не более 500.

Универсальные грузоподъемные машины изготавливаются с учетом различных условий использования по нагрузке и времени работы, интенсивности проведения операций, степени ответственности операций и в связи с этим могут быть дополнительно отнесены к нескольким усредненным категориям использования.

Механизмы для выполнения определенных технологических операций, а также механизмы для эпизодической работы имеют вполне определенные условия использования соответственно их назначению. С целью систематизации всего многообразия режимов работы грузоподъемных машин Госгортехнадзор установил следующие категории режимов работы механизмов с машинным приводом: легкий - Л; средний - С; тяжелый - Т; весьма тяжелый - ВТ.

Ряд кранов, предназначенных для технологических комплексов, в последнее время проектируется для использования при более сложных режимах работы электропривода по сравнению с режимом ВТ, определяемым действующей классификацией Госгортехнадзора. Этот режим характеризуется продолжительностью включения до ПВ=100% при числе включений в час 600 и выше. Для этих случаев вводится новая категория режима: особо тяжелый - ОТ. В настоящее время существует стандарт, предусматривающий пять категорий режимов, включая режим ОТ.

Скорости перемещения грузов определяют производительность и мощность механизмов и выбираются с учетом эффективности выполнения грузоподъемных операций, т.е. получения необходимого времени операции при наименьшей первоначальной стоимости механизмов крана. Выбор оптимальной скорости является важной задачей, необходимое решение которой может быть найдено только на основе учета факторов производительности, затрат энергии, возможности и эффективности регулирования скорости, а также технико-экономической оценки системы регулирования.

За последние годы были проведены исследования, связанные с оптимизацией скоростных параметров быстроходных грузоподъемных машин. В результате этих исследований установлено, что при повышении скоростей до определенных пределов производительность машин растет вместе со скоростью, однако при дальнейшем повышении скоростей может произойти снижение производительности за счет увеличения времени разгона и торможения механизмов крана.

Анализ скоростных параметров показывает, что для каждого вида механизмов (подъема, поворота и горизонтального перемещения) имеются пределы скоростей, превосходить которые нецелесообразно.

Скорости грузоподъемных механизмов выбираются исходя из следующих предпосылок:

номинальная скорость определяется условиями технологического процесса, т.е. временем выполнения цикла;

номинальная скорость ограничивается мощностью питающей сети или возможностью установки приводного двигателя определенных размеров;

номинальная скорость является функцией диапазона регулирования при заданной минимальной скорости механизма.

номинальная скорость должна обеспечить наибольшую производительность при наименьших затратах энергии.

Для всех перечисленных случаев, кроме первого, предельное значение скорости не должно превышать установленных значений, а для четвертого случая это значение и является искомым. Для первого случая скорость может иметь любое необходимое значение, но при этом следует иметь в виду, что при превышении определенных значений скоростей время операции сокращаться не будет, если не будут применены системы со специальными параметрами регулирования.

При выборе номинальной скорости иногда решающее значение имеют минимальные скорости, определяемые технологией переработки разнообразных грузов. В настоящее время для большинства технологических

процессов переработки грузов получены оптимальные значения минимальных скоростей для точной установки грузов.

Выбор промежуточных фиксированных скоростей, прежде всего, зависит от способностей человека воспринять разницу скоростей соседних фиксированных положений и на основе восприятия этой разницы осуществлять последующие операции управления. Регулирование скорости механизмов горизонтального перемещения в промежутке между максимальной и минимальной скоростями часто осуществляется путем изменения интенсивности разгона или торможения с учетом необходимых ускорений.

Производительность и число включений в час грузоподъемных машин неразрывно связаны со скоростными параметрами. Производительность машин соответствует времени завершения операции по переработке груза. Сокращение времени одной операции при определенной траектории движения груза определяет повышение производительности машины. Каждая машина может иметь фактический или условный цикл проведения грузоподъемной операции.

Под полным циклом грузоподъемной операции следует иметь в виду застроповку груза, выбор слабины каната, подъем груза и его перемещение в необходимую точку, спуск и установку груза, расстроповку и обратное перемещение для начала новой операции. При этом механизмы грузоподъемного устройства имеют минимально необходимое обязательное число включений. Однако по разным причинам в течение цикла оператор производит еще ряд дополнительных включений, связанных с несовершенством системы регулирования, колебаниями груза на гибкой подвеске, недостаточным опытом управления и т.п. Количество таких дополнительных включений может в 2-4 раза превысить число необходимых включений.

Важной задачей разработки высокоэффективных грузоподъемных машин является приближение фактического числа включений к минимально

необходимому. В настоящее время наиболее качественные системы регулирования позволяют обеспечить выполнение операций со средним числом включений лишь в 1,5 раза большим минимально необходимого, в то время как наиболее массовые системы параметрического регулирования требуют до 20-30 включений на один цикл перемещения груза, что в 5-6 раз превышает минимально необходимое число включений. Число включений в час у различных механизмов может составлять от 40-60 при режиме Л; до 500-600 - для режима ВТ. При создании и освоении производства систем управления, обеспечивающих устойчивые скорости с широким диапазоном их изменения, происходит общая тенденция снижения числа включений механизмов при одновременном повышении производительности перегрузочных работ.

В данной работе рассмотрен электропривод механизма перемещения мостового крана.

1.2. АНАЛИЗ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

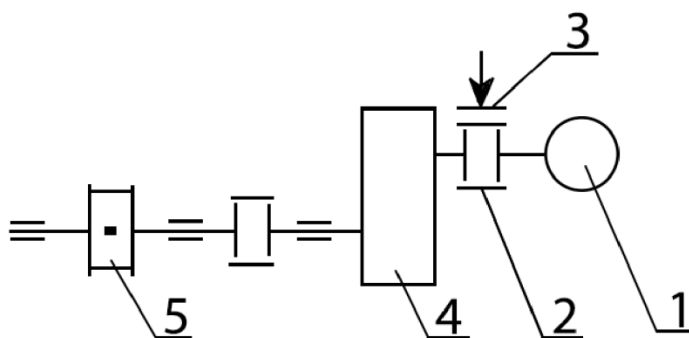


Рисунок 1 - Кинематическая схема механизма передвижения;

1 – электродвигатель, 2 – муфта, 3 – тормоз, 4 – редуктор, 5 – ходовое колесо

2 ВЫБОР СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРО ПРИВОДА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ УСТАНОВКИ

Значительная роль в осуществлении комплексной механизации автоматизации производственных процессов, ликвидации ручных погрузочно-разгрузочных работ принадлежит подъемно-транспортному машиностроению. Существенное сокращение тяжелого труда при перегрузочных работах осуществляется главным образом путем автоматизации грузозахватных операций, точной установки грузов, а также автоматизации процессов управления грузоподъемными машинами. Поскольку эти задачи решаются с помощью электропривода, то значение совершенствования и внедрения современных электроприводов постоянно возрастает.

В крановом электроприводе в настоящее время широко применяют как полностью тиристорные системы регулирования, так и различные неуправляемые и управляемые полупроводниковые выпрямители, а также

отдельные силовые полупроводниковые приборы, что позволяет при сравнительно невысоких затратах получать системы с достаточно значительным регулированием скорости перемещения механизмов. Для сокращения эксплуатационного персонала применяют системы управления грузоподъемными машинами, в частности кранами, по радиоканалу (дистанционно). В этих системах максимальный эффект достигается также при обеспечении устойчивого регулирования скорости.

Основное внимание уделяется новым методам выбора электрооборудования для кранов с учетом уже введенной новой классификации нагружения механизмов и электрооборудования, а также новым системам управления, включая управление по радиоканалу, и различным системам регулирования скорости.

Подавляющее большинство грузоподъемных машин, изготавливаемых отечественной промышленностью, имеет электрический привод механизмов, и поэтому эффективность действия и производительность этих машин в значительной степени зависят от качественных показателей используемого кранового электрооборудования. Для наиболее массовых кранов общего назначения начинают широко применяться электроприводы на основе короткозамкнутых двигателей, значительная часть кранов изготавливается с управлением с пола, а быстроходные краны для тяжелых режимов работы комплектуются различными тиристорными системами, обеспечивающими глубокое регулирование скорости, плавность пуска и торможения при постоянно повышающихся требованиях к экономии энергоресурсов.

Большинство грузоподъемных кранов характеризуется постоянно меняющимися условиями использования при переработке грузов, и поэтому механизмы кранов, имеющие в своем составе электроприводы, должны быть в максимальной степени приспособлены к постоянно видоизменяющейся работе с грузами, разнообразными по массе, размерам, форме, и в условиях производственных помещений или на открытых грузовых площадках.

Чрезвычайно широкий диапазон изменения нагрузок практически любого из крановых электроприводов является одним из главных факторов, требующих особого подхода к выбору расчетных параметров приводных электродвигателей, аппаратуры управления и защиты.

2.1 ФОРМУЛИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К АВТОМАТИЗИРОВАННОМУ ЭЛЕКТРОПРИВОДУ И СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗАЦИИ

При выборе структуры электропривода следует учитывать особенности технологического процесса, требования надежности, гибкости в управлении, удобства наладки. К электроприводам механизмов подъема мостовых кранов, которые в большинстве случаев управляются оператором, предъявляются жесткие требования к простоте их эксплуатации и надежности при обеспечении необходимого диапазона регулирования скорости. Диапазон регулирования при подъеме и опускании номинального груза определяется минимальной скоростью при посадке грузов. Величина этого диапазона зависит от технологического процесса и номинальной грузоподъемности крана. Так, для кранов грузоподъемностью более 20 тонн среднего режима работы диапазон регулирования $D_{20:1}$, 1,5-2 раза больше, чем скорость при подъеме номинального груза. Важным требованием для электроприводов указанного класса является плавное изменение скорости в переходном процессе, что резко снижает рывок и, следовательно, уменьшает амплитуду раскачивания груза.

Для выполнения отмеченных требований система управления электроприводом должна быть полу - или полностью автоматической, особенно при работе в переходных режимах.

Основные требования к системе электропривода мостового крана можно сформулировать так:

На первых положениях контроллера подъема двигатель должен развивать такой пусковой момент, чтобы исключалась возможность спуска

номинального груза при напряжении питающей сети 90% номинального и в то же время желательная минимальная скорость составляла при наименьшей нагрузке не более 30% номинального значения.

При перемещении рукоятки командоконтроллера в направлении снижения скорости последняя не должна повышаться даже кратковременно. Это в первую очередь относится к переключению с первого положения в нулевое, когда запаздывание механического торможения не должно приводить к повышению малой скорости спуска.

Система электрического торможения должна иметь необходимый запас, обеспечивающий надежное замедление груза, равного 125% номинального, при напряжении питающей сети 90% номинального.

Движение груза должно происходить только в направлении, устанавливаемом командоаппаратом, да же при неисправностях в схеме. В последнем случае груз может оставаться неподвижным.

Выбор системы электропривода для крановых механизмов осуществляется на основе анализа сравнительных показателей.

Экономическая оценка систем электропривода должна базироваться на принципе минимальных расходов, связанных с первоначальными затратами, эксплуатационными затратами на ремонт, а также затратами энергии, потребляемой из сети на разгон и торможение крановых механизмов за период эксплуатации до капитального ремонта (10 лет).

Экономическая оценка может быть осуществлена расчетом по определённой методике. Выбирается система, обладающая наилучшими экономическими показателями. Если экономические показатели сравниваемых систем близки (расхождение не превышает 15%), то производится дополнительная оценка по массогабаритным показателям и условиям размещения электрооборудования. Существенным требованием к электроприводу механизма подъёма является обеспечение надежного торможения при действии активного момента нагрузки. При этом, в целях

энергосбережения, целесообразно применять рекуперативное торможение, особенно при мощностях двигателей более 30 кВт.

2.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНЫХ ВАРИАНТОВ И ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Для регулируемых крановых электроприводов с диапазоном регулирования скорости более 20: 1 наиболее применимы следующие системы электропривода:

1. Система с тиристорным преобразователем напряжения (система ТП-Д);
2. Система с тиристорным регулятором напряжения (ТРН-АД);
3. Система с преобразователем частоты (система ПЧ-АД);
4. Система с асинхронным двигателем и импульсным регулятором в цепи выпрямленного тока без рекуперации энергии скольжения (система АД-ИР);
5. Система с асинхронным двигателем и импульсным регулятором в цепи выпрямленного тока с рекуперацией энергии скольжения в сеть (система АД-ИР-И).

В этой работе выполнен сравнительный анализ энергетических и экономических показателей названных систем крановых электроприводов, причем более эффективной считается та система электропривода, которая потребляет меньше электроэнергии при выполнении единицы механической работы технологического цикла.

В цикл работы крана входят этапы подъема груза, перемещения его на необходимое расстояние, опускания груза и пауза для строповки. Задана стандартная продолжительность включения ПВ=40%, причем в цикле работы имеются участки движения с пониженной скоростью.

При определении рациональных границ применения системы электропривода следует оценивать не только энергетические показатели сравниваемых систем, но и годовые приведенные затраты.

Исходя из того, что рассматриваемый нами кран, который осуществляет подъём и перемещение грузов в ремонтно-механических и сборочных цехах, относится к среднему режиму работы с грузоподъёмностью до 20 тонн с мощностью двигателя механизма подъёма более 55 кВт и диапазоном регулирования D20:1, то на основании изложенного можно обоснованно принять в качестве рациональной системы электропривода подъёма мостового крана систему ПЧ-АД.

Кроме того, следует учесть, что система ПЧ-АД лучше приспособлена для реализации дистанционного телемеханического управления, чем другие системы электропривода.

3 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ СИЛОВОГО КАНАЛА ЭЛЕКТРОПРИВОДА И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ

3.1 ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ

Особенности конструкции крановых двигателей определяются условиями эксплуатации и требованиями к их характеристикам. Двигатели работают в повторно-кратковременных или кратковременных режимах с частыми пусками в условиях повышенной тряски и вибраций. Они должны допускать широкое регулирование частоты вращения и иметь высокие пусковые и максимальные моменты.

Используется крановый асинхронный электродвигатель серии МТКФ312-6.

- Структура условного обозначения:
- МТ – обозначение серии;
- К – короткозамкнутый ротор;
- F – класс нагревостойкости изоляции;
- 3 – условная величина наружного пакета статора;
- 1 – порядковый номер серии;
- 2 – условная длина пакета сердечника статора;
- 6 – число полюсов.

Асинхронные крановые двигатели серии МТКФс короткозамкнутым ротором предназначены для привода крановых и других механизмов, работа которых характеризуется кратковременным и повторно-кратковременным режимами и большими кратностями перегрузок.

Двигатели с короткозамкнутым ротором серии МТКФ имеют повышенное скольжение и рассчитаны на прямой пуск от сети при номинальном напряжении. Краново-металлургические двигатели характеризуются повышенной перегрузочной способностью (от 2,3 до 3,5), большими пусковыми моментами при сравнительно небольших значениях пусковых токов, а также малым временем разгона.

Мощность электродвигателя выбирается в соответствии с зависимостями длительно допустимого и кратковременно допустимого тока и момента или мощности двигателя в функции скорости.

Технические данные электродвигателя МТКФ 312-6 приведены в таблице 1.

Таблица №1

Типоразмер двигателя	Мощность P_2 , кВт	Синхронная частота вращения n_0 , об/мин	При номинальной нагрузке		
			частота вращения n_n , об/мин	КПД η_n , %	$\cos\varphi_n$
МТКФ312-6	15	1000	930	81	0.78
$M_{\text{макс}}/M_n$	$M_{\text{пуск}}/M_n$	$I_{\text{пуск}}$	$J_{\text{дв.}}$ кг·м ²	Степень защиты	
3.824	3.759	205	0.3	IP44	

Примечания:

1. Технические характеристики приведены для основного режима работы S3 (ПВ = 40 %).
2. Диапазон изменения частоты питания – от 5 до 50 Гц.

3.1.1 РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Синхронная угловая частота вращения двигателя

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_0}{30} = \frac{\pi \cdot 1000}{30} = 104.72 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Номинальное скольжение двигателя

$$s_n = \frac{n_0 - n_{\text{ном}}}{n_0} = \frac{1000 - 930}{1000} = 0.07.$$

Номинальная частота вращения двигателя

$$\omega_{\text{двн}} = (1 - s_n) \cdot \omega_0 = (1 - 0.07) \cdot 104.72 = 97.389 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Номинальный момент двигателя

$$M_{\text{двн}} = \frac{P_n \cdot 1000}{\omega_{\text{дв.}}} = \frac{15000}{97.389} = 154.021 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Определим кратность максимального и пускового момента двигателя

$$m_{\text{макс}} = \frac{M_{\text{макс}}}{M_{\text{двн}}} = 1.0;$$

$$m_{\text{пуск}} = \frac{M_{\text{пуск}}}{M_{\text{двн}}} = 3.759$$

и кратность пускового тока

$$k_{\text{пуск}} = \frac{I_{\text{пуск}}}{I_{1н}} = 5.694.$$

3.1.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПО КАТАЛОЖНЫМ ДАННЫМ

Параметры схемы замещения асинхронного двигателя, приведенной на рисунке 2, определим по методике, изложенной в и сведем их в таблицу №2

Таблица № 2

R_1 , Ом	$X_{1\sigma}$, м	$L_{1\sigma}$, Гн	R_2' , Ом	$X_{2\sigma}'$, Ом	$L_{2\sigma}'$, Гн	X_μ , Ом	X_k , Ом	L_μ , Гн
0,51	0,14	$4.509 \cdot 10^{-4}$	0,47	0,18	$5.96 \cdot 10^{-4}$	11.08	0,33	0,0352
3	2		2	7		3	7	8

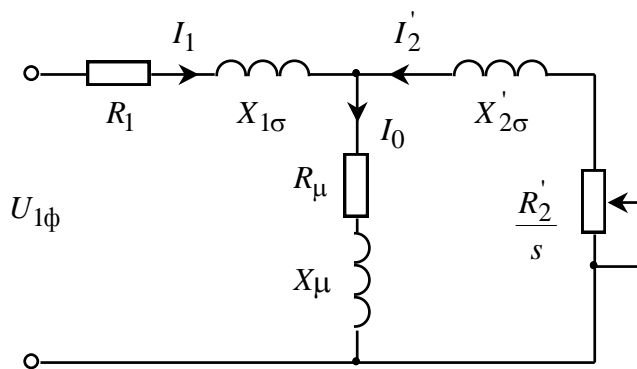


Рисунок 2 – Схема замещения асинхронного двигателя

Номинальный ток статора

$$I_{1н} = \frac{P_n}{3 \cdot U_{1н} \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_n} = \frac{15000}{3 \cdot 220 \cdot 0,78 \cdot 0,81} = 35.972 \text{ A}$$

Ток статора двигателя при частичной нагрузке

$$I_{11} = \frac{P_n \cdot p^*}{3 \cdot U_{1н} \cdot \cos \varphi_{p^*} \cdot \eta_{p^*}} = \frac{15000 \cdot 0.75}{3 \cdot 220 \cdot 0.72 \cdot 0.81} = 29.227 \text{ A}$$

где:

p^* – коэффициент загрузки двигателя, принимаем $p^*=0.75$;

η_{p^*} – КПД при частичной нагрузке, принимаем $\eta_{p^*} = \eta_H$.

Коэффициент мощности при частичной нагрузке $\cos \varphi_{p^*} = 0.72$.

Ток холостого хода асинхронного двигателя

$$I_0 = \sqrt{\frac{I_{11}^2 - \left(p^* \cdot I_{1H} \cdot \frac{1 - s_H}{1 - p^* \cdot s_H} \right)^2}{1 - \left(p^* \cdot \frac{1 - s_H}{1 - p^* \cdot s_H} \right)^2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{29.227^2 - \left(0,75 \cdot 35.972 \cdot \frac{1 - 0,07}{1 - 0,75 \cdot 0,07} \right)^2}{1 - \left(0,75 \cdot \frac{1 - 0,07}{1 - 0,75 \cdot 0,07} \right)^2}} = 18.276 \text{ A}$$

Критическое скольжение

$$s_K = s_H \cdot \frac{k_M + \sqrt{k_M^2 - (1 - 2 \cdot s_H \cdot \beta \cdot (k_M - 1))}}{1 - 2 \cdot s_H \cdot \beta \cdot (k_M - 1)} =$$

$$= 0,07 \cdot \frac{3.824 + \sqrt{3.824^2 - (1 - 2 \cdot 0,07 \cdot (3.824 - 1))}}{1 - 2 \cdot 0,07 \cdot (3.824 - 1)} = 0,803$$

где: β – коэффициент, значение которого находится в диапазоне 0,6–2,5, принимаем $\beta = 1$

Определим коэффициенты

$$C_1 = 1 + \frac{I_0}{2 \cdot k_i \cdot I_{1H}} = 1 + \frac{18.276}{2 \cdot 5.694 \cdot 35.972} = 1,045$$

Активное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора асинхронного двигателя

$$R_2' = \frac{3 \cdot I_{1H}^2 (1 - s_H)}{2 m_k \cdot P_H \cdot C_1^2 \cdot \left(\beta + \frac{1}{s_K} \right)} = \frac{3 \cdot 220^2 (1 - 0.07)}{2 \cdot 3.824 \cdot 15000 \cdot 1.045 \cdot \left(1 + \frac{1}{0.803} \right)} = 0.472$$

Ом.

Активное сопротивление статорной обмотки можно определить по следующему выражению

$$R_1 = C_1 \cdot R_2' \cdot \beta = 1.045 \cdot 0.472 \cdot 1 = 0,513 \text{ Ом}.$$

Определим параметр γ , который позволит найти индуктивное сопротивление короткого замыкания X_K

$$\gamma = \sqrt{\left(\frac{1}{S_K^2}\right) - \beta^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{0,803^2}\right) - 1^2} = 0.684,$$

тогда

$$X_K = \gamma \cdot C_1 \cdot R_2' = 0.684 \cdot 1.045 \cdot 0.472 = 0,337 \text{ Ом}.$$

Индуктивное сопротивление статорной обмотки может быть определено по следующему выражению

$$X_{1\sigma} = 0,42 \cdot X_K = 0,42 \cdot 0.337 = 0.142 \text{ Ом}.$$

Индуктивность обмотки статора, обусловленная потоком рассеяния, в номинальном режиме

$$L_{1\sigma} = \frac{X_{1\sigma}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1H}} = \frac{0.142}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} = 4.509 \cdot 10^{-4} \text{ Гн}$$

Индуктивное сопротивление роторной обмотки, приведенное к статорной, может быть рассчитано

$$X_{2\sigma}' = \frac{0,58 \cdot X_K}{C_1} = \frac{0,58 \cdot 0.337}{1,045} = 0,187 \text{ Ом}.$$

Индуктивность обмотки ротора, обусловленная потоком рассеяния, в номинальном режиме

$$L_{2\sigma}' = \frac{X_{2\sigma}'}{2 \cdot \pi \cdot f_{1H}} = \frac{0.187}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} = 5.96 \cdot 10^{-4} \text{ Гн}.$$

Согласно векторной диаграмме ЭДС ветви намагничивания E_1 , наведенная потоком воздушного зазора в обмотке статора в номинальном режиме, равна

$$E_1 = \sqrt{(U_{1н} \cdot \cos \varphi_n - I_{1н} \cdot R_1)^2 + (U_{1н} \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_n} - I_{1н} \cdot X_{1\sigma})^2} = \\ = \sqrt{(220 \cdot 0,78 - 35,972 \cdot 0,054)^2 + (220 \cdot \sqrt{1 - 0,78^2} - 35,972 \cdot 0,142)^2} = 202,561 \text{ В}$$

Тогда индуктивное сопротивление контура намагничивания

$$X_\mu = \frac{E_1}{I_0} = \frac{202,561}{18,276} = 11,083 \text{ Ом}$$

Резльтирующая индуктивность, обусловленная магнитным потоком воздушном зазоре, создаваемым суммарным действием токов статора (индуктивность контура намагничивания)

$$L_\mu = \frac{X_\mu}{2\pi \cdot f_{1н}} = \frac{11,083}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,035 \text{ Гн}$$

Проверка адекватности расчетных параметров двигателя

При найденных параметрах рассчитываются значения номинального электромагнитного момента двигателя:

$$M_{эм.н}^* = \frac{3 \cdot U_{1\phi н}^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot s_n \cdot \left[X_{кн}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s_n} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s_n \cdot X_\mu} \right)^2 \right]}, = \\ = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0,472}{104,72 \cdot 0,07 \cdot \left[0,337^2 + \left(0,513 + \frac{0,472}{0,07} \right)^2 + \left(\frac{0,513 \cdot 0,472}{0,07 \cdot 11,083} \right)^2 \right]} = 176,83 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{эм.н}^{**} = \frac{3}{2} \cdot z_p \cdot \frac{L_m}{(L_m + L_{2\sigma})} \cdot \Psi_{2н} \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{I_{1н}^2 - I_0^2}, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 3 \cdot \frac{0,03528}{(0,03528 + 0,000596)} \cdot 0,912 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{35,972^2 - 18,276^2} = 176,809 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

где:

$$\Psi_{2н} = \sqrt{2} \cdot I_0 \cdot L_m = \sqrt{2} \cdot 18.276 \cdot 0,03528 = 0,912, \text{ Вб.}$$

Должны выполняться условия:

$$M_{\text{дв.н}} < M_{\text{эм.н}}^* \leq 1.1 \cdot M_{\text{дв.н}} = 154.021 < 176.83 \leq 169.423.$$

$$M_{\text{эм.н}}^{**} \approx M_{\text{эм.н}}^*, 176.809 \approx 176.83$$

Рассчитанные параметры схемы замещения электродвигателя сведены в таблице 3.

Таблица №3

$R_1,$ Ом	$X_{1\sigma}$, Ом	$L_{1\sigma},$ Гн	$R_2',$ Ом	$X_{2\sigma}'$, Ом	$L_{2\sigma}',$ Гн	$X_\mu,$ Ом	$X_k,$ Ом	$L_\mu,$ Гн
0,51 3	0,14 2	$4.509 \cdot 10^{-4}$	0,47 2	0,18 7	$5.96 \cdot 10^{-4}$	11.08 3	0,33 7	0,0352 8

3.1.3 РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Естественная механическая характеристика асинхронного двигателя рассчитывается по выражениям:

$$M(S, f_1) = \frac{3 \cdot \left[U_{1\Phi\Phi}^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1H}} \right)^2 \right]^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot \frac{f_1}{f_{1H}} \cdot S \cdot \left(\left(X_{KH} \cdot \frac{f_1}{f_{1H}} \right)^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{S} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{S \cdot X_\mu \cdot \frac{f_1}{f_{1H}}} \right)^2 \right)} =$$

$$= \frac{3 \cdot \left[220^2 \cdot \left(\frac{f_1}{50} \right)^2 \right] \cdot 1,912}{104,72 \cdot \frac{f_1}{50} \cdot S \cdot \left(\left(0,337 \cdot \frac{f_1}{50} \right)^2 + \left(0,513 + \frac{0,472}{S} \right)^2 + \left(\frac{0,513 \cdot 0,472}{S \cdot 11,083 \cdot \frac{f_1}{50}} \right)^2 \right)};$$

$$\omega(s, f) = \omega_0 \cdot \frac{f_1}{f_{1H}} \cdot (1 - s).$$

Критический момент и критическое скольжение двигателя на естественной характеристике

$$M_K = \frac{3 \cdot U_{1H}^2 \cdot R_2'}{s_K \cdot \omega_0 \cdot \left(X_{KH}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s_K} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s_K \cdot X_\mu} \right)^2 \right)} =$$

$$= \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0,472}{0,77 \cdot 104,72 \cdot \left(0,337^2 + \left(0,513 + \frac{0,472}{0,77} \right)^2 + \left(\frac{0,513 \cdot 0,472}{0,77 \cdot 11,083} \right)^2 \right)} = 614,909 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$s_k = R_2' \cdot \sqrt{\frac{R_1^2}{X_{\mu}^2} + 1} = 0.472 \sqrt{\frac{0.513^2}{11.083^2} + 1} = 0.77$$

Естественная механическая характеристика двигателя $\omega = f(M)$

при $f_1 = f_{1H} = 50$ Гц приведена на рисунке 3.

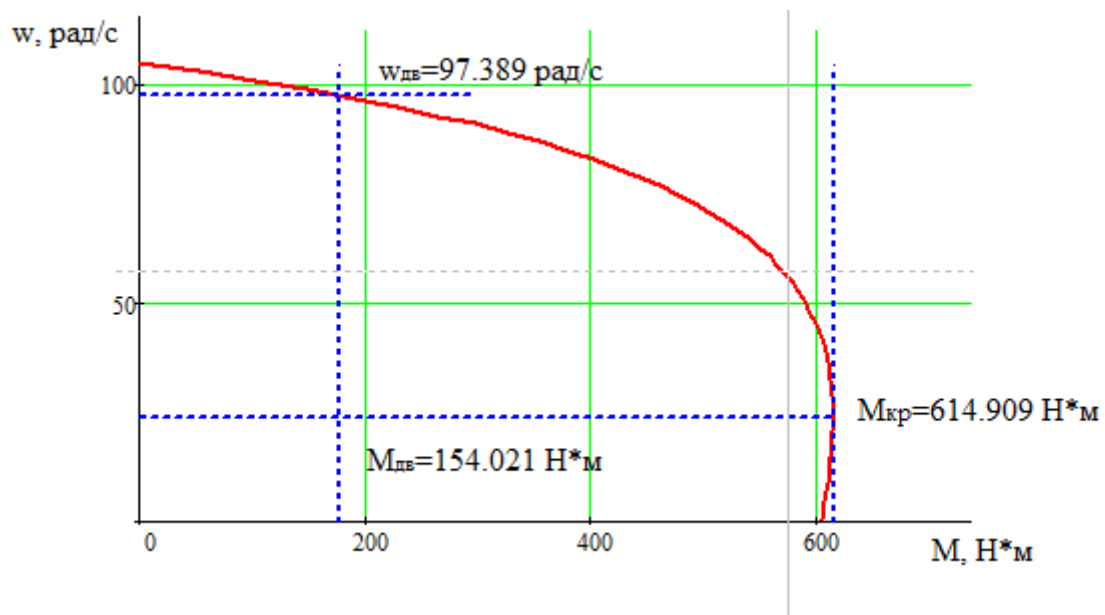


Рисунок 3 – Естественная механическая характеристика АД

Момент от силы трения на валу электродвигателя

$$M_c = M_{\text{эм}} - M_{\text{дв.н}} = 176.83 - 154.021 = 22.809 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

По полученным результатам определяем:

– кратность пускового момента

$$m_{\Pi} = \frac{M_{\text{эм П}}}{M_{\text{эм н}}} = 3.759$$

– кратность максимального (критического) момента

$$m_k = \frac{M_{\text{эм к}}}{M_{\text{эм н}}} = 3.824$$

– критическое скольжение

$$s_k = \frac{\omega_0 - \omega_k}{\omega_0} = \frac{104.72 - 24.086}{104.72} = 0,77$$

Естественные электромеханические характеристики двигателя $I_1(s, f_1)$ и $I_2'(s, f_1)$ рассчитываются по выражениям:

$$I_1(S, f_1) = \sqrt{I_0^2(f_1) + I_2'^2(S, f_1) + 2 \cdot I_0(f_1) \cdot I_2'(S, f_1) \cdot \sin \varphi_2(S, f_1)};$$

$$I_2'(S, f_1) = \frac{U_1(f_1)}{\pm \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + \left(X_k \cdot \frac{f_1}{f_{1H}}\right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_\mu \cdot \frac{f_1}{f_{1H}}}\right)^2}} =$$

$$= \frac{U_1(f_1)}{\pm \sqrt{\left(0.513 + \frac{0,472}{s}\right)^2 + \left(0.337 \cdot \frac{f_1}{50}\right)^2 + \left(\frac{0.513 \cdot 0,472}{s \cdot 11.083 \cdot \frac{f_1}{50}}\right)^2}};$$

$$I_0(f_1) = \frac{U_1(f_1)}{\sqrt{R_1^2 + (X_{1\sigma} + X_\mu)^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1H}}\right)^2}} = \frac{U_1(f_1)}{\sqrt{0.513^2 + (0.142 + 11.083)^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1H}}\right)^2}};$$

$$\sin \varphi_2(S, f_1) = \frac{\frac{f_1}{f_{1H}} \cdot X_k}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + \left(X_k \cdot \frac{f_1}{f_{1H}}\right)^2}} = \frac{\frac{f_1}{f_{1H}} \cdot 0,52}{\sqrt{\left(0.513 + \frac{0,472}{s}\right)^2 + \left(0,337 \cdot \frac{f_1}{f_{1H}}\right)^2}};$$

$$\omega(S, f) = \omega_0 \cdot \frac{f_1}{f_{1H}} \cdot (1 - S).$$

По результатам расчета на рисунке 4 построены естественные электромеханические характеристики $\omega(I_1)$, $\omega(I_2')$ при $f_1 = f_{1H} = 50$ Гц.

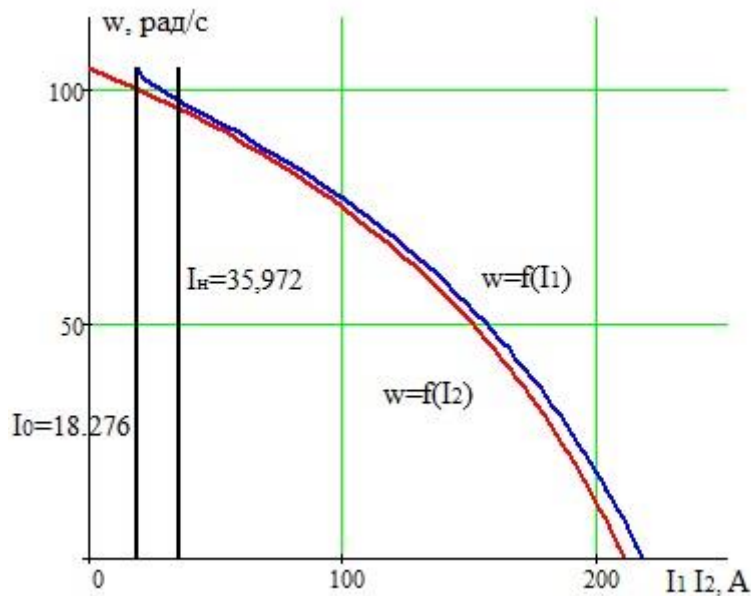


Рисунок 4 – Естественные электромеханические характеристики АД $\omega(I_1)$, $\omega(I_2')$

По результатам расчета электромеханической характеристики $\omega(I_1)$ найдены значения тока холостого хода (намагничивания) $I_0 = 18.276$ А, номинального тока $I_n = 35.972$ А и пускового тока двигателя $I_n = 251.804$.

По полученным результатам определяем кратность пускового тока

$$k_i = \frac{I_n}{I_0} = 7$$

Параметры расчетных механической и электромеханической характеристик двигателя оказались близки к приведённым в таблице 2 справочным параметрам двигателя.

3.1.4. РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Механическая характеристика асинхронного двигателя при переменных значениях величины и частоты напряжения питания определяется следующим выражением

$$M(s) = \frac{3 \cdot U_{1j}^2 \cdot R_2'}{\omega_{0j} \cdot s \cdot \left[X_{\text{кн}}^2 \cdot f_{1*}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_{\mu\text{н}} \cdot f_{1*}} \right)^2 \right]} =$$

$$= \frac{3 \cdot 220^2 \cdot f_{1*}^2 \cdot 0,031}{\omega_{0j} \cdot s \cdot \left[0,337^2 \cdot f_{1*}^2 + \left(0,513 + \frac{0,472}{s} \right)^2 + \left(\frac{0,513 \cdot 0,472}{s \cdot 11,083 \cdot f_{1*}} \right)^2 \right]},$$

где:

U_{1j} – фазное напряжение обмоток статора асинхронного двигателя;

ω_{0j} – синхронная частота вращения двигателя;

$f_{1*} = f_{1j} / f_{1\text{н}}$ – относительное значение частоты питающего напряжения.

Механические характеристики двигателя при частотном управлении приведены на рисунке 5

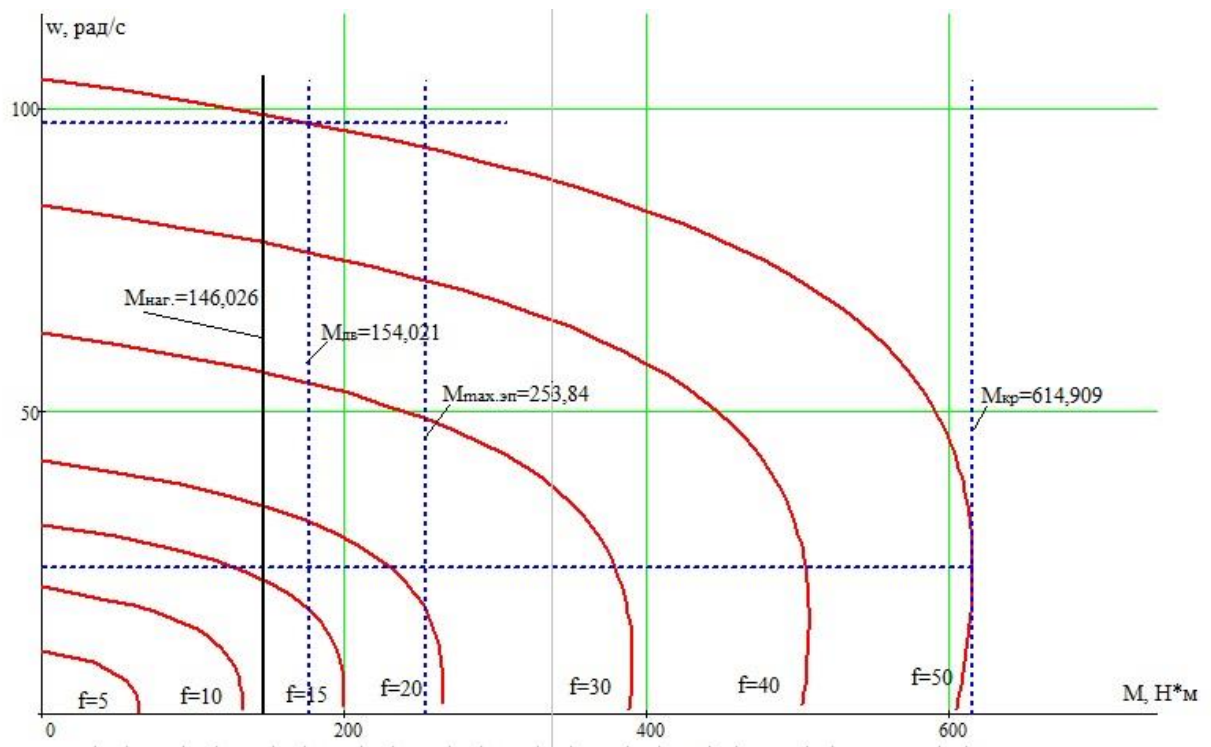


Рисунок 5 – Механические характеристики разомкнутой системы преобразователь частоты–асинхронный двигатель.

Выражение для расчета электромеханических характеристик, определяющих зависимость приведенного тока ротора от скольжения s при законе управления $U/f = \text{const}$,

$$I_2'(s) = \frac{U_{1j}}{\pm \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_{\text{кн}}^2 \cdot f_{1*}^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_{\mu\text{н}} \cdot f_{1*}}\right)^2}} =$$

$$= \frac{220 \cdot f_{1*}}{\pm \sqrt{\left(0,513 + \frac{0,472}{s}\right)^2 + 0,337^2 \cdot f_{1*}^2 + \left(\frac{0,513 \cdot 0,472}{s \cdot 11,083 \cdot f_{1*}}\right)^2}}.$$

Расчетное выражение для электромеханических характеристик $I_1 = f(s)$, отражающих зависимость тока статора I_1 от скольжения

$$I_1(s) = \sqrt{I_0^2 + I_2'^2(s) + 2 \cdot I_0 \cdot I_2'(s) \cdot \sin \phi_2(s)} =$$

$$= \sqrt{18.276^2 + I_2'^2(s) + 2 \cdot 18.276 \cdot I_2' \cdot \sin \phi_2(s)},$$

где:

$$\sin \phi_2 = \frac{x_{KH} \cdot f_{1*}}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + x_{KH}^2 \cdot f_{1*}^2}} = \frac{\cdot f_{1*}}{\sqrt{(0.513 + \frac{0.472}{s})^2 + 0.337^2 \cdot f_{1*}^2}}$$

;

$$I_0 = \frac{U_{1j}}{\sqrt{R_1^2 + (x_{1H} + x_{\mu H})^2 \cdot f_{1*}^2}}.$$

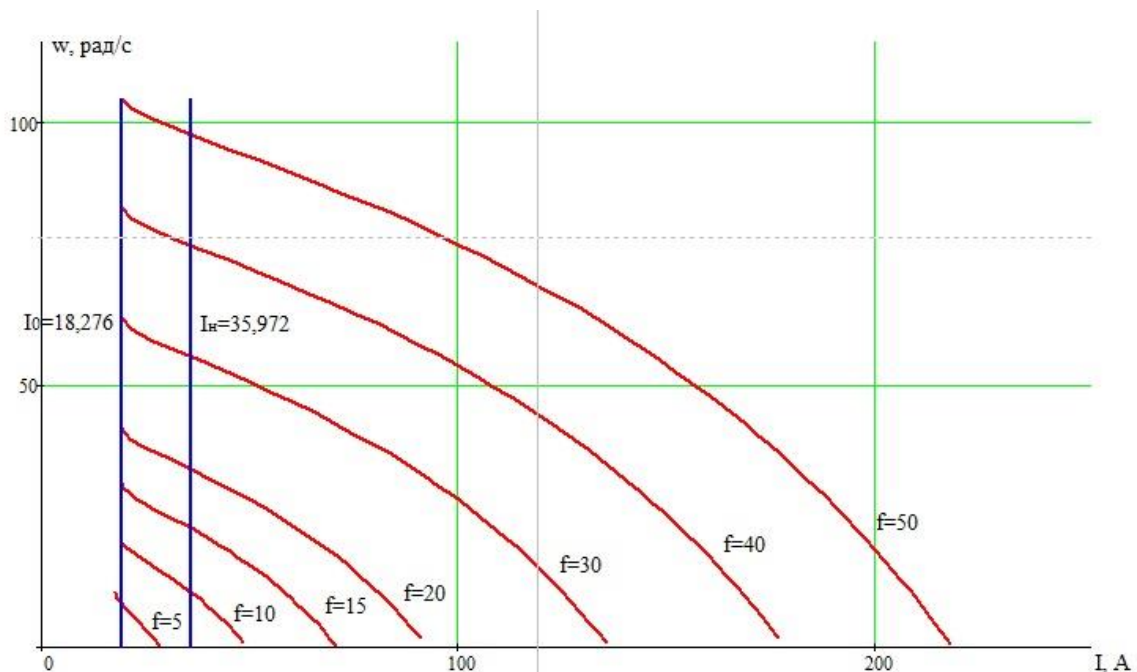


Рисунок 6 – Электромеханические характеристики разомкнутой системы преобразователь частоты–асинхронный двигатель.

3.2 МЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДЪЕМА

3.2.1 ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕМЕНТОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИВОДА

Расчетная схема замещения механической системы электропривода может быть представлена в виде одномассовой системы

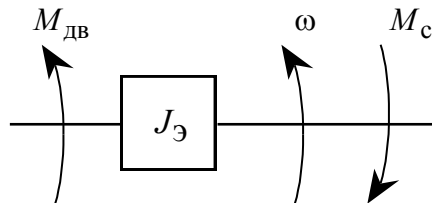


Рисунок 7 - Расчетная схема механической системы привода

На рисунке 7 приняты следующие обозначения:

$M_{дв}$ – вращающий момент, развиваемый на валу электродвигателя, $H \cdot м$;

M_c – момент нагрузки с учетом потерь в механизме, приведенный к валу двигателя, $H \cdot м$;

ω – угловая скорость, $рад/с$;

$J_э$ – эквивалентный момент инерции привода, приведенный к валу двигателя, $кг \cdot м^2$.

Коэффициент передачи

$$K_{пер} = \frac{V_n}{\omega_{двн}} = 10,268 \cdot 10^{-3},$$

Эквивалентный минимальный момент крана

$$J_{эмин} = J_{дв} + 0,2J_{дв} + J_{тел1} = 0,3 + 0,2 \cdot 0,3 + 2.53 = 2.9 H \cdot м$$

Приведенный момент инерции тележки

$$J_{тел1} = 0.5(m_{мост} + m_{тел}) \cdot K_{пер}^2 = 0.5(43 + 5) \cdot 10^3 \cdot 0,010268^2 = 2.53 H \cdot м^2$$

Эквивалентный момент инерции максимальный

$$J_{эмакс} = J_{дв} + 0,2 \cdot J_{дв} \cdot J_{тел2} = 0,3 + 0,2 \cdot 0,3 + 3,32 = 3.68 H \cdot м^2$$

Эквивалентный момент инерции крана с грузом

$$J_{\text{мел2}} = 0.5(m_{\text{м}} + m_{\text{м}} + m_{\text{гр}}) \cdot K_{\text{пер}}^2 = 0.5(43 + 5 + 20) \cdot 0,010268^2 = 3,32 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

где: $m_{\text{м}} = 5000 \text{ кг}$ – масса тележки;

$m_{\text{гр}} = 20000 \text{ кг}$ – масса груза максимальная;

$m_{\text{мост}} = 5000 \text{ кг}$ – масса моста.

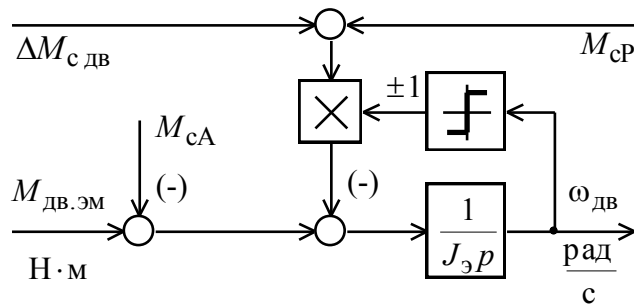


Рисунок 8– Структурная схема одномассовой механической системы регулируемого электропривода

3.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАДАННОЙ ОБЛАСТИ РАБОТЫ

Момент сопротивления на валу двигателя

$$M_{\text{с.дв.}} = M_{\text{эм}} - M_{\text{дв.н.}} = 176.83 - 154.021 = 22.809 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Статические моменты:

– при передвижении с минимальным грузом

$$M_{\text{смин}} = 0,6 \cdot M_{\text{дв}} = 0,6 \cdot 154.021 = 92.413 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

– при передвижении максимальным грузом

$$M_{\text{смакс}} = 0,8 \cdot M_{\text{дв}} = 0,8 \cdot 154.021 = 123.217 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

– при изменении момента нагрузки

$$\Delta M_{\text{с}} = M_{\text{смакс}} - M_{\text{смин}} = 123.217 - 92.413 = 30.804 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

3.4 ВЫБОР ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

Для кранового частотно-регулируемого электропривода требуются преобразователи частоты, специально адаптированные к применению в грузоподъемных кранах и обладающие необходимыми функциональными возможностями:

функция управления тормозом предназначена для выдачи сигнала на открытие тормоза при достижении двигателем необходимого момента и сигнала на наложение тормоза при снижении скорости до минимального уровня. Для корректировки снятия тормоза может использоваться функция весоизмерения.

функция передвижения с повышенной скоростью. Максимальная скорость передвижения определяется автоматически в зависимости от массы груза.

функция ограничения момента электродвигателя с формированием желаемой механической характеристики в двигательном и генераторном режимах.

функция формирования заданного темпа разгона и торможения.

функция торможения электропривода с использованием тормозного резистора или блока рекуперации. Экономический эффект от внедрения модулей рекуперации увеличивается: с увеличением мощности электроприводов, при резких торможениях инерционных механизмов. Учитывая сложившееся мнение о низкой эффективности рекуперации для систем с током потребления до 100 А, а также относительно высокую стоимость модулей рекуперации и сложность внедрения, принято решение использовать тормозной резистор.

3.4.1 ПАРАМЕТРЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

С учетом перечисленных выше требований выбираем преобразователь частоты G120 PM240

“Siemens” Параметры преобразователя частоты приведены в таблице № 4

Таблица 4

Тип	Параметры питающей сети		Выходное напряжение U_H , В	Выходная частота f_H , Гц	Выходной ток		Рекомендуемая мощность P_2 , кВт
	$U_{1Л}$, В	f_c , Гц			$I_{VLT.H}$, А	$I_{VLT.макс}$, А	
G120 PM240 “Siemens”	3×380 ...408	50	380	(0-650)	18	26,4	5,5



Рисунок 9 - Преобразователи частоты G120 PM240 “Siemens”

Преобразователи частоты G120 PM240 “Siemens” имеет разнообразные законы управления двигателем и многочисленные функциональные возможности, отвечают самым строгим требованиям применений.

Отличительные особенности:

как универсальный привод во всех промышленных и коммерческих задачах для всеобъемлющих задач, например, в конвейерных системах

Модульность обеспечивает гибкость расширенной концепции привода

Замена модулей во время работы системы (hot swap)

Сменные клеммы

Простая замена модулей, что обеспечивает очень удобное техобслуживание системы.

Функции безопасности упрощают интеграцию привода в станки или оборудование, ориентированное на безопасность

Возможность коммуникации по PROFIBUS с профилем PROFIdrive 4.0

Меньшее количество интерфейсов

Интегрированный инжиниринг

Простое использование

Инновационная концепция охлаждения и лакировка электронных модулей повышает прочность и срок службы

Простая замена устройств и быстрое копирование параметров с помощью панели оператора или опционной плате памяти MMC

Бесшумная работа двигателя в результате высокоимпульсной частоты

Компактная, не занимающая много места конструкция

Переключатель 50/60 Гц для быстрой адаптации к задачам 50 Гц или 60 Гц

Проектирование и пуско-наладка с помощью программ проектирования, таких как SIZER, STARTER и Drive ES: ускоряет проектирование и упрощает пуско-наладку – Drive ES обеспечивает интеграции в среду автоматизации SIMATIC.

Условия проверки правильности выбора преобразователя частоты

$$I_n < I_{\text{имакс}} = 13,834 < 18$$

Анализ электропривода, характеристик преобразователя частоты и нагрузки показывает, что условие выполняется, следовательно, преобразователь выбран правильно.

4 РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ СО СКАЛЯРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

4.1 РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОПРИВОДА СО СКАЛЯРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Функциональная схема реализации асинхронного частотно-регулируемого электропривода со скалярным управлением без датчика скорости., основными функциональными элементами регулируемого асинхронного электропривода с частотным скалярным управлением являются:

- преобразователь частоты;
- блок управления преобразователем, включающий в себя формирователь 3-фазной системы управляющих напряжений u_{1a} , u_{1b} и u_{1c} , формирователь 6-канального ШИМ-сигнала и блок драйверов;
- формирователь $\frac{U}{f}$ - характеристики;
- датчики в общем случае линейного тока двигателя;
- блок расчета фактического значения действующего фазного тока двигателя;
- элемент сравнения допустимого максимального и фактического значения действующего фазного тока двигателя и регулятор ограничения тока;
- блок компенсации скольжения;
- блок коррекции управления напряжением инвертора в функции фактического значения напряжения звена постоянного тока U_d преобразователя.

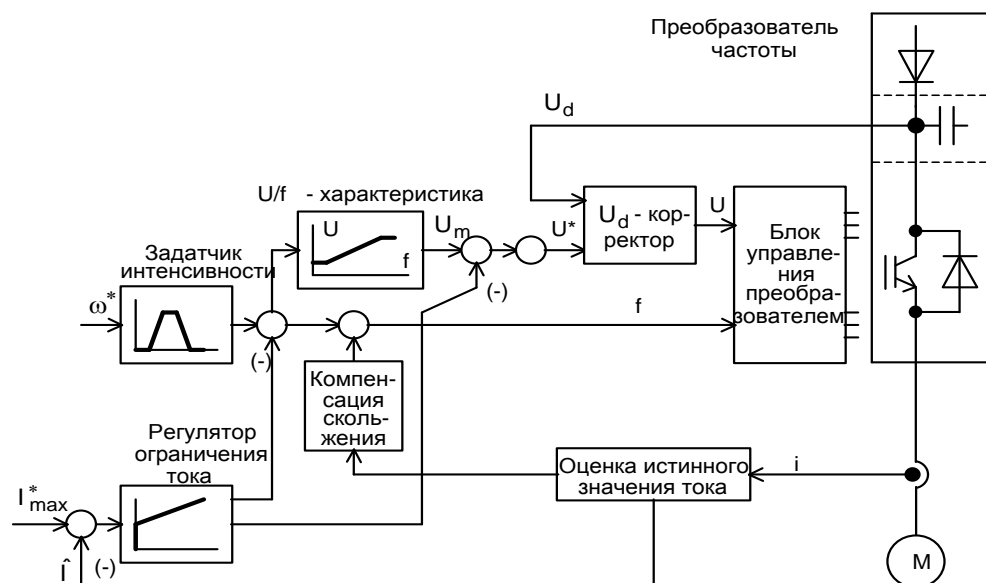


Рисунок 10 – Функциональная схема асинхронного электропривода со скалярным частотным управлением без датчика скорости

В функциональной схеме асинхронного электропривода со скалярным управлением используются следующие варианты реализации моделей:

- Имитационная модель задатчика скорости с S – образной характеристикой: временная характеристика рисунок 11, имитационная модель рисунок 12.
- Имитационная модель электрической части силового канала электропривода системы преобразователя частоты синхронного электродвигателя рисунок 13.
- Имитационная модель механической части силового канала системы преобразователя частоты рисунок 14;
- Имитационная модель электрической части двухфазного асинхронного электродвигателя в неподвижной системе координат рисунок 15;
- имитационная модель блока одностепенной механической системы рисунок 16;
- модель задание на силовой канал системы преобразователя частоты асинхронного электродвигателя рисунок 17.

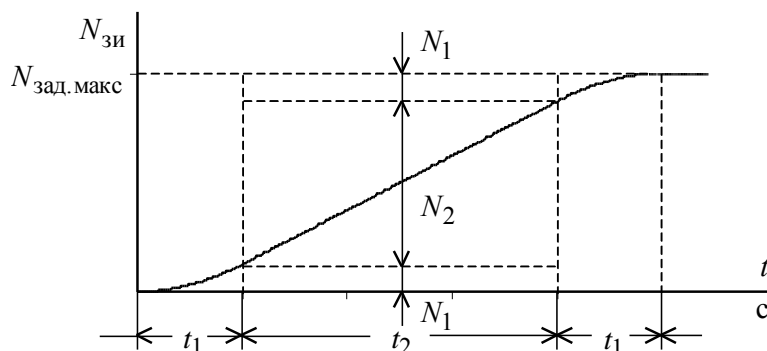


Рисунок 11 - Задатчик скорости с S – образной характеристикой, временная характеристика

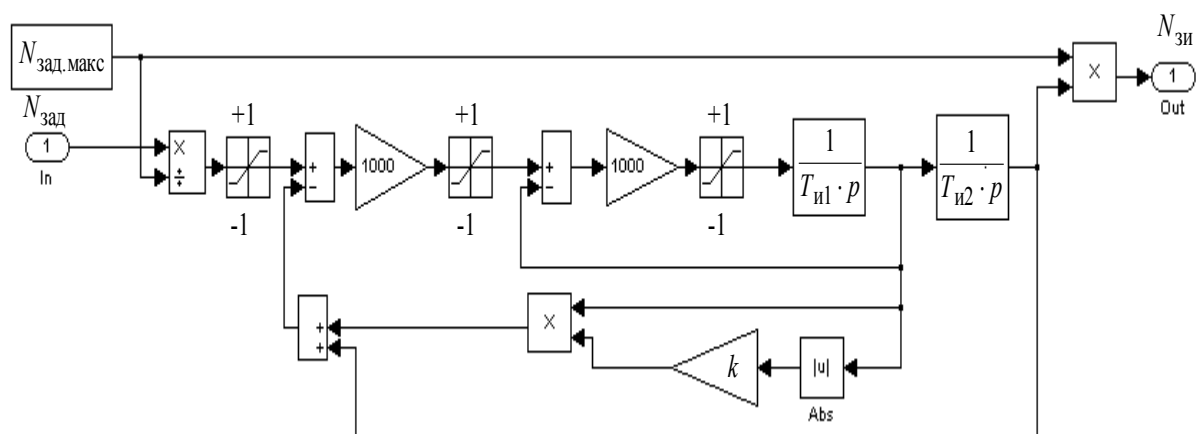


Рисунок 12 - Имитационная модель задатчика скорости с S – образной характеристикой

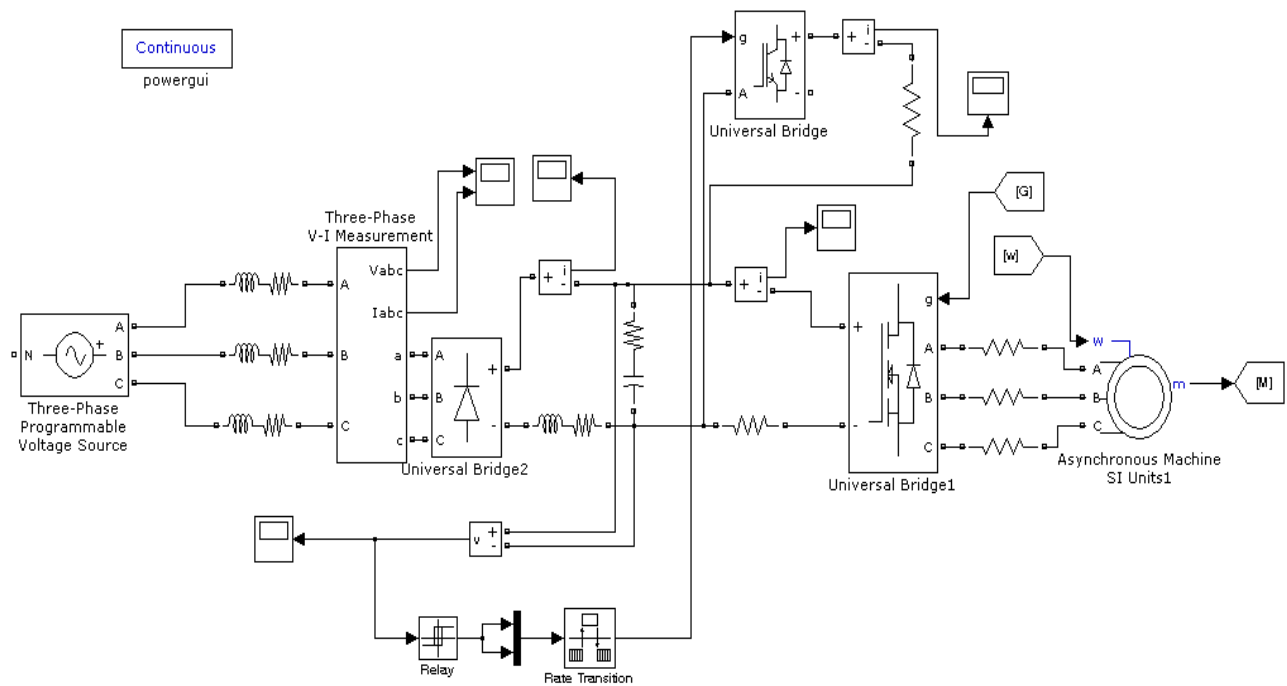


Рисунок 13–Имитационная модель электрической части силового канала электропривода

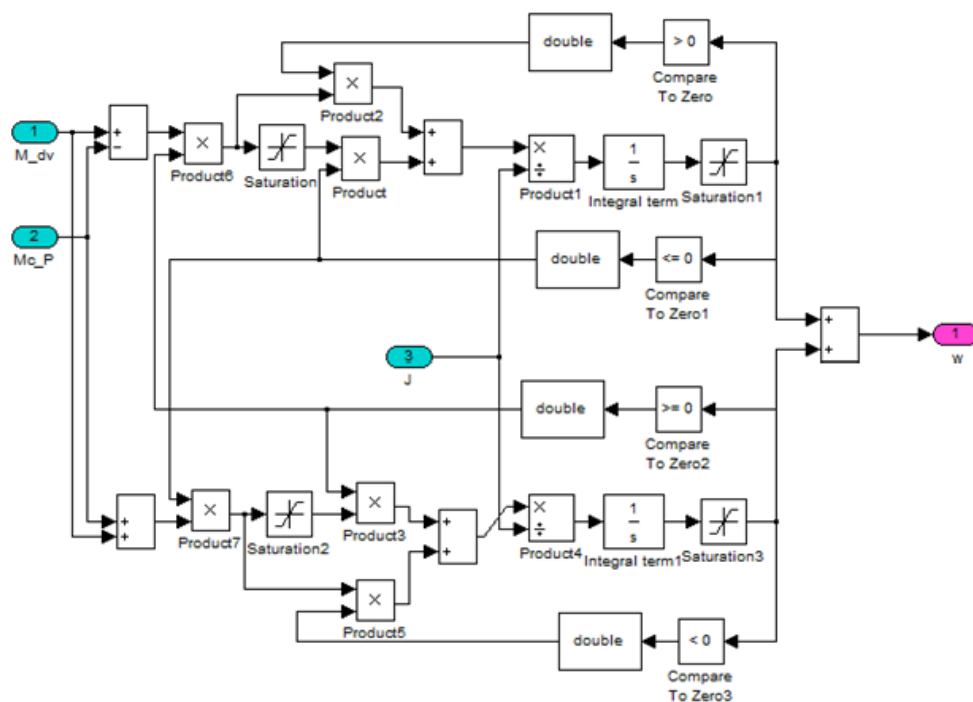


Рисунок 14 – Имитационная модель механической части силового канала системы преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель с нагрузкой.

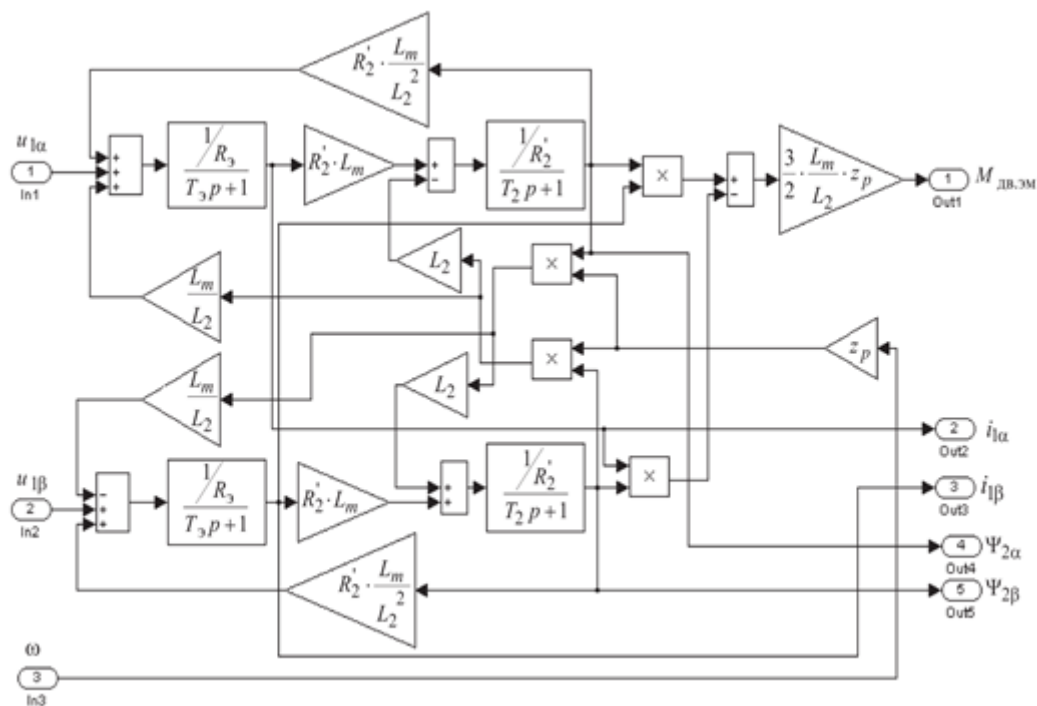


Рисунок 15– Имитационная модель электрической части двухфазного асинхронного электродвигателя в неподвижной системе координат

Одномассовая механическая система.

Имитационная модель блока одномассовой механической системы с моментом нагрузки реактивного характера, используемая при моделировании систем электропривода, представлена на рисунок 16.

На схеме рисунка 16 приняты следующие дополнительные обозначения:

$M_{эм}$ – электромагнитный момент двигателя, $H \cdot м$;

$M_{ср}$ – приведенный к валу двигателя статический момент реактивного характера, $H \cdot м$;

$J_э$ – приведенный к валу двигателя эквивалентный момент инерции движущихся масс, $кг \cdot м^2$;

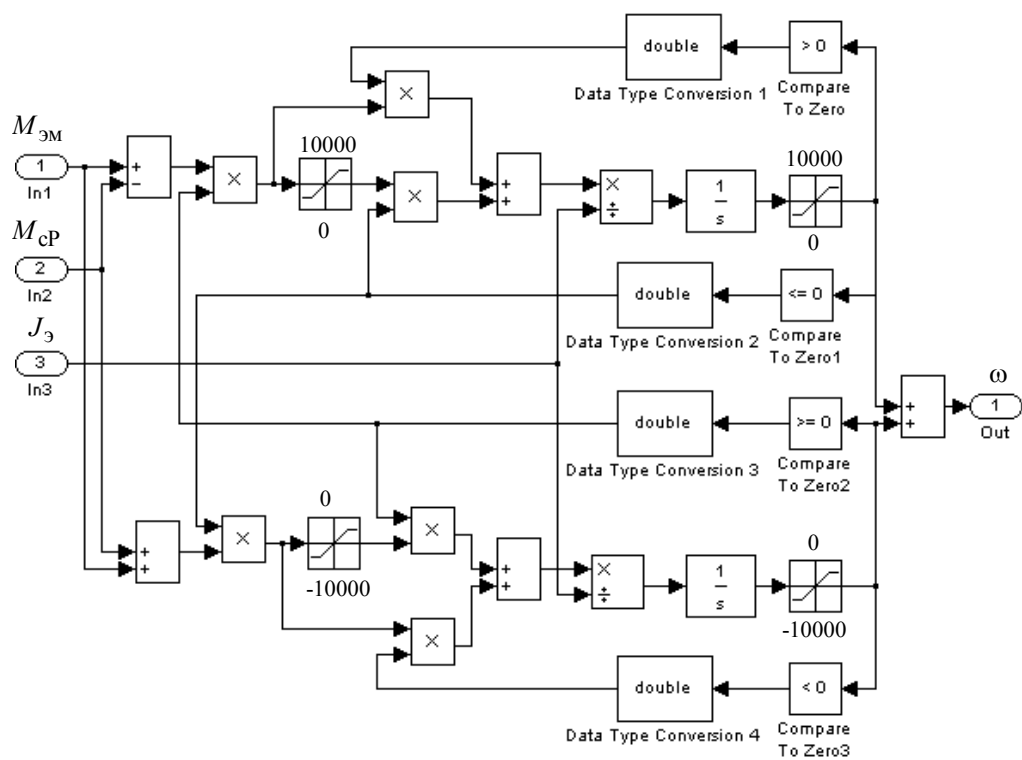


Рисунок 16 – Имитационная модель блока одномассовой механической системы

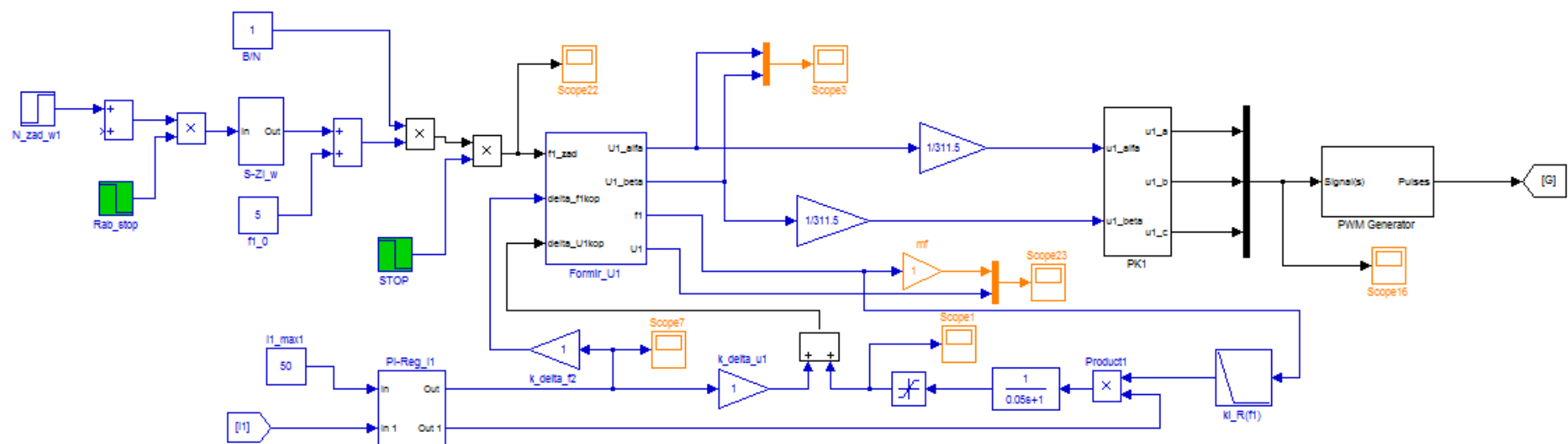


Рисунок 17 –.Имитационная модель задание на силовой канал системы преобразователь частоты – асинхронного электродвигателя

4.2 ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА КРАНА СО СКАЛЯРНОМ УПРАВЛЕНИЕМ

4.2.1 ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЙ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Работа электропривода крана исследуется в режиме:

Плавный пуск – разгон до частоты 10Гц – выход(разгон) на максимальную скорость – снижение частоты до 10Гц - торможение и останов.

Модели частотно-регулируемого асинхронного электропривода крана при скалярном управлении.

В данной работе рассматривается модель частотно-регулируемого асинхронного электропривода крана со скалярным управлением с коррекцией вольт-частотной характеристики;

Библиотека моделей частотно-регулируемого асинхронного электропривода крана при скалярном управлении.

REP_AD_KranKI_scal.mdl – модель асинхронного электропривода крана с частотным скалярным управлением на базе модели электрической части силового канала системы преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель из пакета Simulink системы MATLAB, с датчиками токов

i_{1a} , i_{1b} , коррекцией вольт-частотной характеристики $\frac{U_1}{f_1} = const$

Схемы набора имитационных моделей частотно-регулируемого асинхронного электропривода крана при скалярном управлении приведены в приложении.

4.2.2 ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕМЕНТОВ СИЛОВОГО КАНАЛА ЭЛЕКТРОПРИВОДА МОСТОВОГО КРАНА

Параметры двигателя, принятые при расчете:

$$\eta_{0.75} = 0.81, \quad \cos \phi_{0.75} = 0.72; \quad \beta = 1.$$

Расчетные параметры асинхронного электродвигателя:

$$R_1 = 0,513 \text{ Ом},$$

$$L_{1\sigma} = 4.509 \cdot 10^{-4} \Gamma_{\text{H}},$$

$$R_2' = 0,472 \text{ Ом},$$

$$L_{2\sigma}' = 5.96 \cdot 10^{-4} \Gamma_{\text{H}},$$

$$L_m = 0,03528 \Gamma_{\text{H}},$$

$$z_p = 3,$$

$$\omega_{\text{H}} = 97.389 \text{ рад/с},$$

$$I_{\text{H}} = 35.972 \text{ А},$$

$$M_{\text{H}} = 154.021 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Параметры элементов силового канала электропривода

Выбираем параметры сетевого трансформатора или реактора в соответствии с таблицей №5 для расчетного значения номинального тока обмотки фазы

$$I_{\text{рфн}} = I_{1\text{фн}} \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot U_{1\text{фн}}}{U_{\text{с}}} = 35.972 \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot 220}{420} = 32.032 \text{ А}.$$

Таблица № 5

$I_{\text{рфн}},$ А	12.3	20.5	41	82	165	265	410	660	820
$L_{\text{р}},$ мГн	3	2	1	0.5	0.25	0.156	0.1	0.064	0.05
$R_{\text{р}},$ мОм	450	265	100	37	13	7.2	3.8	2.1	1.4
$I_{\text{дн}}, \text{А}$	15	25	50	100	200	320	500	800	1000

Принимаем: $R_{\text{р}} = 0,3 \text{ Ом}, \quad L_{\text{р}} = 0.3 \cdot 10^{-3} \Gamma_{\text{H}}.$

Принимаем: $C = 200 \cdot 5 \cdot 10^{-6}$ из условия

$C \approx (100 \div 300) \cdot P_{\text{H}}, \text{ мкФ},$ где P_{H} – номинальная мощность двигателя, кВт.

Параметры механической системы электропривода мостового

крана:

Коэффициент передачи

$$K_{пер} = 10.268 \cdot 10^{-3},$$

Эквивалентный минимальный момент индукции

$$J_{эмин} = 2.9 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Эквивалентный момент инерции максимальный

$$J_{эмакс} = 3.68 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$$

Момент сопротивления на валу двигателя

$$M_{с.дв.} = M_{эм} - M_{дв.н.} = 22.809 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Статические моменты:

– при передвижении с минимальным грузом

$$M_{смин} = 92.413 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

– при передвижении с максимальным грузом

$$M_{смакс} = 123.217 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

– при изменении момента нагрузки

$$\Delta M_c = 30.804 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Коэффициент изменения момента инерции

$$K_j = \frac{J_{эмакс} - J_{эмин}}{\Delta M_c} = \frac{3.68 - 2.9}{30.804} = 0.025$$

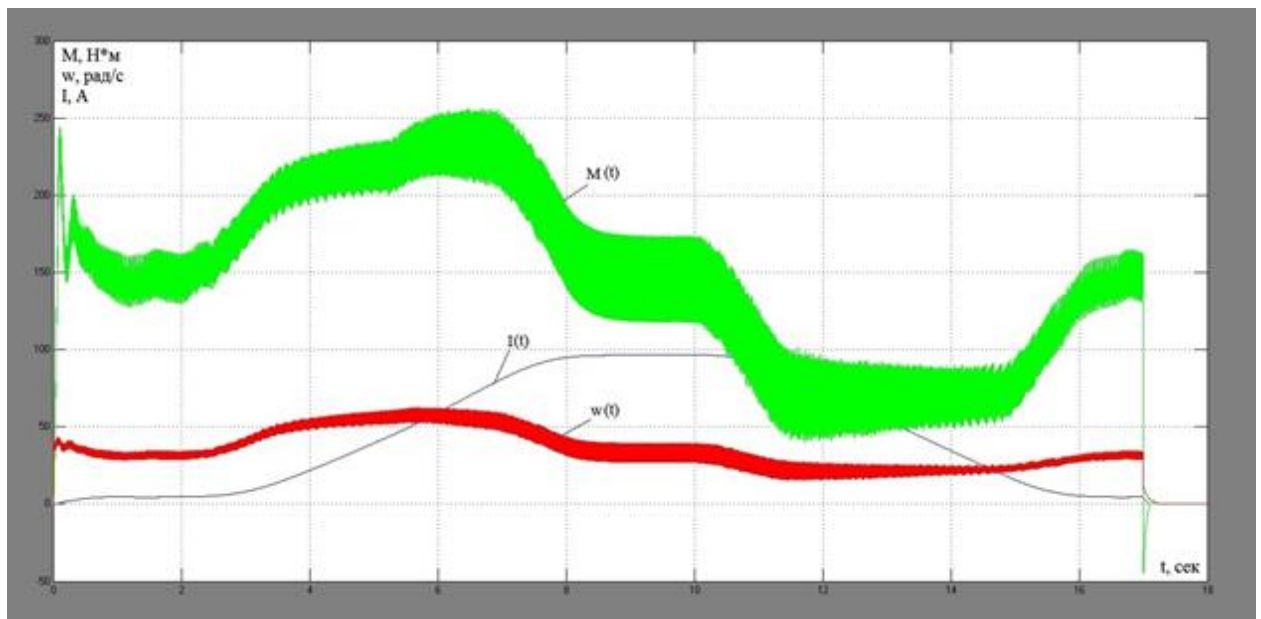


Рисунок 18 – Переходные процессы в электроприводе со скалярным управлением при передвижении тележкой массой 20 тонн, $N_{зад}=(50-5)*1$

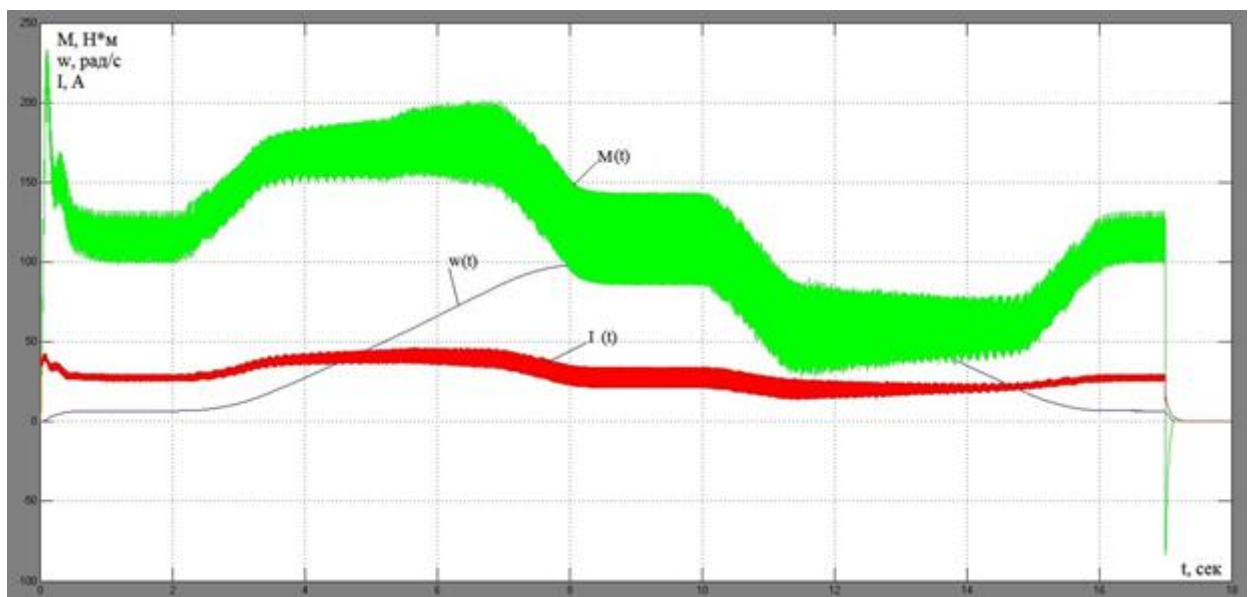


Рисунок 19 – Переходные процессы в электроприводе со скалярным управлением при работе крана без тележки, $N_{зад}=(50-5)*1$

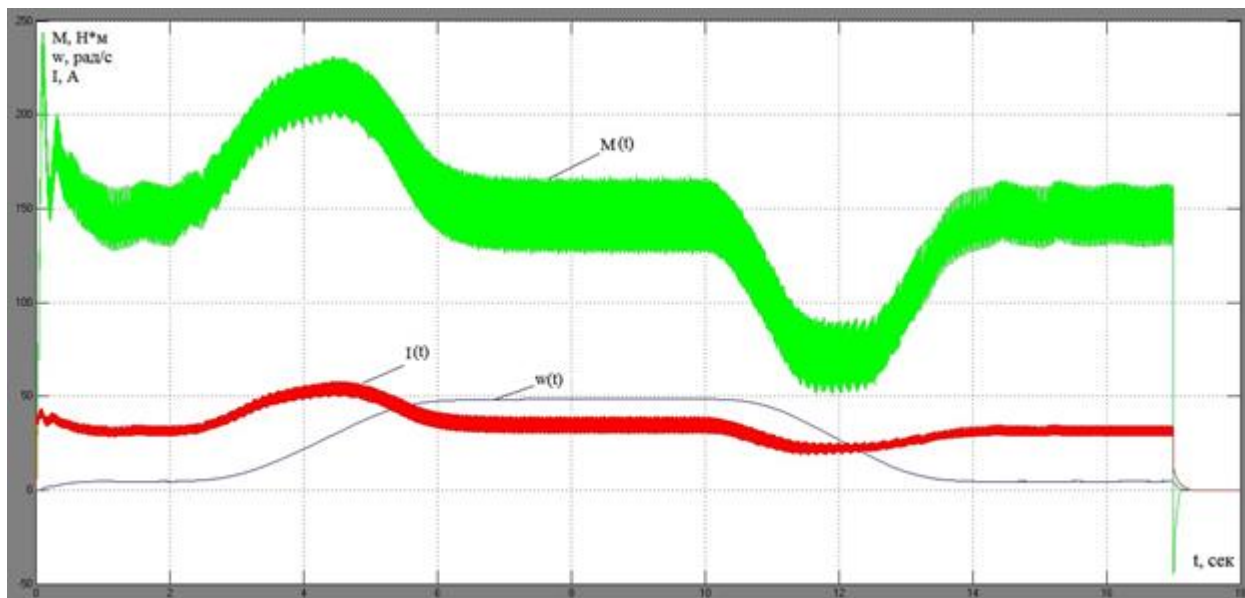


Рисунок 20 – Переходные процессы в электроприводе со скалярным управлением при передвижение тележкой массой 20 тонн, $N_{\text{зад}}=(50-5)*0.5$

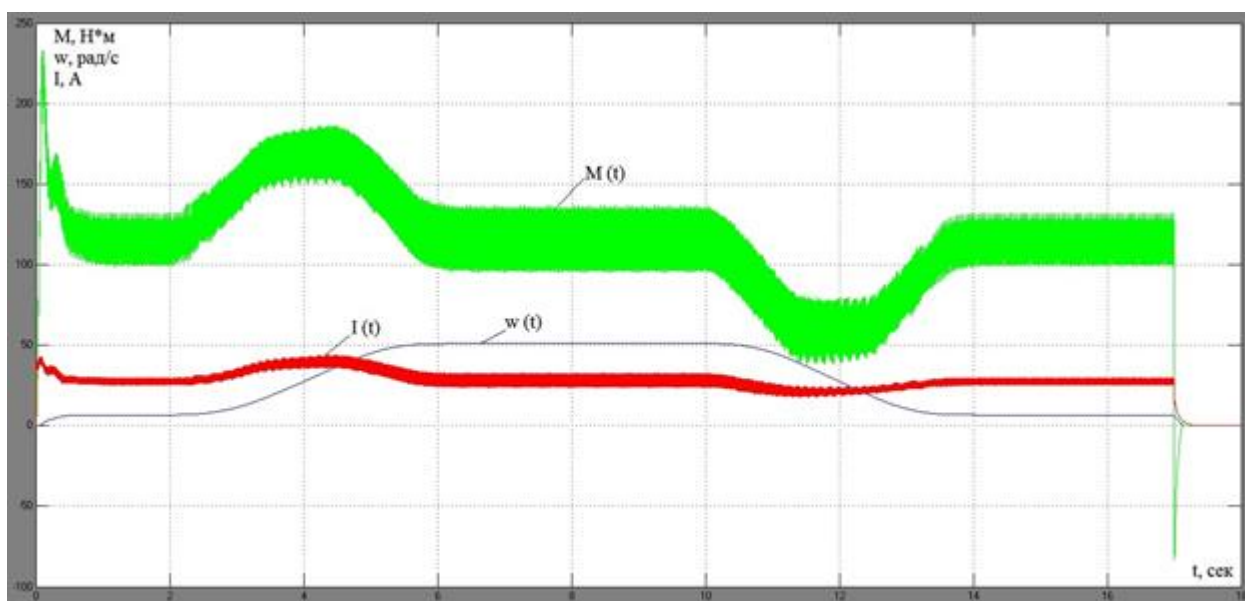


Рисунок 21 – Переходные процессы в электроприводе со скалярным управлением при работе крана без тележки, $N_{\text{зад}}=(50-5)*0.5$

По результатам исследования были получены характеристики:

Если электроприводу подать задание на отработку определенного цикла технологического процесса, то это значит, что в пуско - тормозных режимах электропривода будет ограничивать значения динамического момента и тока двигателя, а при S -образной выходной характеристики задатчика – дополнительно и скорость их наименьшая. Однако, фактическое значение момента на валу двигателя и тока двигателя будут зависеть еще и от величины статического момента и характера нагрузки, а также от конкретного вида пуска- тормозного режима.

В рассмотренном электроприводе механизмов, для которых кратковременные большие перегрузки и стопорения двигателя являются рабочими режимами необходимо не только ограничивать величину тока и момента, но и поддерживать допустимые значения момента на валу двигателя в течении всего времени перегрузки. Большие кратковременные перегрузки вызывают провал скорости двигателя и затем восстановление её после исчезновения перегрузки. Процессы торможения и разгона двигателя в этом случаи уже не управляется от задатчика скорости и могут сопровождаться большими бросками тока и момента двигателя, если их величину не ограничивать.

Вывод к разделу:

Скалярное управление одно из простейших вариантов реализации частотного – регулируемого асинхронного электропривода, имеющие не высокие качественные показатели: небольшой диапазон регулирования скорости, большая погрешности скорости и малое быстродействие, что обусловлено необходимостью применения задатчика интенсивности скорости.

Приведенные простейшие электроприводы со скалярным управлением во многих случаях полностью удовлетворяют требованиям, предъявляемым к электроприводу производственного механизма. Они широко применяются для решения задач регулирования скорости механизмов во вновь проектируемом технологическом оборудовании скорость механизмов во

вновь проектируемом технологическом оборудовании, а так же в качестве замены нерегулируемого электропривода переменного тока и регулируемого электропривода постоянного тока с обратными связями по напряжению и ЭДС двигателя. Сильные пульсации в момент пуска и момент торможения и на средней частоте вращения предотвратить практически не возможно даже благодаря скалярному управлению.

На рисунках 18-21 можно заметить значительные пульсации тока, момента и особенно скорости, что не позволяет говорить о плавных характеристиках процесса.

По этому для крана оставляем скалярное управление.

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Группа	ФИО
3-5Г4А1	Руппель Алексей Александрович

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение школы (НОЦ)	ОЭЭ
Уровень образовани я	Бакалавриат	Направление/специальнос ть	Электро энергети ка и электрот ехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
Стоимость затрат технического проекта	В техническом проекте были задействованы 2 человека (руководитель, дипломник). Затраты на материальные ценности определяются согласно прейскуранта. Заработная плата рассчитывается в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ
Продолжительность выполнения	Приблизительная оценка продолжительности выполнения технического проекта определяется исходя из ожидаемой трудоёмкости работ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
Планирование и формирование графика работ по реализации технического проекта	<p>Для составления графика по проектированию асинхронного электропривода шахтного вентилятора</p> <ul style="list-style-type: none"> • оценить технический проект выявляя при этом сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы • определить трудоемкость работ для каждого исполнителя. По полученным данным построить диаграмму Ганта, которая, позволяет планировать процесс реализации технического проекта
Формирование сметы технического проекта	<p>В процессе формирования сметы технического проекта используется следующая группировка затрат по статьям:</p> <p>материальные затраты; полная заработная плата исполнителей; отчисления во внебюджетные фонды; накладные расходы</p>
Ресурсоэффективность технического проекта	<p>Оценка эффективности проекта производится с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Мелик- Гайказян Мария Вигеновна	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4А1	Руппель Александрович	Алексей	

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью данного раздела является проектирование и создание технического проекта, выполняемого в рамках выпускной квалификационной работы, при этом рассматриваются планово-временные и материальные показатели процесса проектирования.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка технического проекта при помощи SWOT-анализа;
- расчет затрат на проектные работы электропривода мостового крана;
- планирование проектно-конструкторских работ;
- определение ресурсной эффективности проекта.

5.1 SWOT-АНАЛИЗ

SWOT-анализ является инструментом стратегического менеджмента. Подразумевает комплексное исследование сильных и слабых сторон технического проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [10].

Применительно к проекту по разработке электропривода шахтного вентилятора, SWOT-анализ позволит оценить положительные и отрицательные стороны проекта.

Для проведения SWOT-анализа составляется матрица SWOT, которая помогает выявить соответствия слабых и сильных сторон проекта, а также их возможности и угрозы.

При составлении матрицы SWOT-анализа стоит использовать следующие обозначения: С – сильные стороны проекта; Сл – слабые стороны проекта; В – возможности; У – угрозы.

Матрица SWOT приведена в таблице 6.

Таблица 6 - Матрица SWOT-анализа технического проекта

	Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
	С1. Надежность обеспечения бесперебойной работы.	Сл1. Повышенный уровень шума и вибрации при работе
	С2. Небольшие затраты на ремонт оборудования	Сл2. Высокая стоимость оборудования
	С3. Квалифицированный персонал	Сл3. Большой срок поставки оборудования и комплектующих
	С4. Повышение безопасности производства	

Возможности:		
В1. Экономия производительности энергоблоков.	C1,C3,C4	Сл2
В2. Уменьшение себестоимости путем внедрения новых технологий.	C1,C2,C4	Сл1
В3.Дополнительное резервное питание.	C1,C2,C4	
В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.	C1,C2	Сл2
Угрозы:		
У1. Исчезновение питания мостового крана.	C1,C3	Сл3
У2. Негативные изменения в отношениях с поставщиками.	C2	Сл2
У3. Введения дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции.	C1	
У4. Отсутствие финансового обеспечения со стороны государства.	C3	Сл2

На основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации.

При построении интерактивных матриц используются следующие обозначения:

«+» – сильное соответствие; «-» – слабое соответствие.

Анализ интерактивных матриц, приведен в таблицах 7 и 8.

Таблица 7 – Интерактивная матрица возможностей

	Сильные стороны проекта			
	С1. Надежность обеспечения бесперебой ной работы	С2. Небольшие затраты на ремонт и обслужива ние оборудован ия	С3 Квалифици рованный персонал	С4. Повышение безопасности производства
Возможности				
В1. Экономия производительности энергоблоков.	+	-	+	+
В2. Уменьшение себестоимости путем внедрения новых технологий.	+	+	-	+
В3. Дополнительное резервное питание.	+	+	-	+
В4. Повышения стоимости	+	+	-	-

конкурентных разработок.				
Возможности	Слабые стороны проекта			
	Сл1.Повышенный уровень шума	Сл2.Аварийные ситуации	Сл3.Значительная стоимость оборудования	
В1.Экономия производительности энергоблоков.	-	+	-	
В2.Уменьшение себестоимости путем внедрения новых технологий.	+	-	-	
В3.Дополнительное резервное питание.	-	-	-	
В4.Повышения стоимости конкурентных разработок.	-	+	-	

Таблица 8 – Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта			
	С1. Надежность обеспечения бесперебойной работы	С2. Небольшие затраты на ремонт и обслуживание оборудования	С3. Квалифицированный персонал	С4. Повышение безопасности и производства

У1	Развитая конкуренция технологий производства.	+	-	+	-
У2.	Риск несвоевременной поставки оборудования.	-	+	-	-
У3	Введения дополнительных требований к стандартизации и сертификации продукции со стороны государственной инспекции.	+	-	-	-
У4	Отсутствие финансового обеспечения со стороны государства.	-	-	+	-
Угрозы		Слабые стороны проекта			
		Сл1 Повышенный уровень шума	Сл2 Аварийные ситуации	Сл3.	Значительная стоимость оборудования
У1	Исчезновение питания мостового крана.	-	-	+	

У2	Негативные изменения в отношениях с поставщиками.	-	+	-
У3	Введения дополнительных требований к стандартизации и сертификации продукции.	-	-	-
У4	Отсутствие финансового обеспечения со стороны государства.	-	+	-

В результате проведения SWOT-анализа, видно, что сильными сторонами проекта являются надежность крана, обеспечение бесперебойной работы и повышение безопасности производства, аварийная остановка мостового крана может повлечь за собой нарушение сложного технологического процесса. Поэтому дополнительное резервное питание и высокое качество питающего напряжения показывают перспективность проекта в целом. Угрозы имеют низкие вероятности, что говорит о высокой надежности проекта.

5.2 ПЛАНИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА

Организация работ технического проекта осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках технического проектирования;

- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- разработка графика проведения технического проектирования.

5.2.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ РАБОТ В РАМКАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В данном разделе, представлен весь перечень этапов и работ, а также дано краткое описание работ, выполненных в ходе технического проектирования:

№1 – разработка технического задания (ТЗ) – представляет собой изучение первичной информации об объекте, требования к техническому проекту, составление задания и плана на работу;

№2 – сбор и изучение литературы – ознакомление с предметом работы, изучение различных источников, в том числе области применения оборудования, касающихся различных сторон технического проекта;

№3 – сбор исходных данных – это выбор из изученных источников электрических схем соединения; параметров двигателя; параметров частотного преобразователя.

№4 – подготовка данных для ввода в базу комплекса – составление схем замещения, расчет естественных характеристик электродвигателя, расчет параметров схемы замещения;

№5 – отладка базы данных и проведение тестовых расчетов – перепроверка всех введенных значений, формул и схем;

№6 – выбор оборудования – необходимо произвести выбор оборудования из изученных ранее источников. Данная работа формируется из приводного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, частотного преобразователя и определения типа блока управления и редуктора;

№7 – расчёт и проверка модели АД – построение естественных механических и электромеханических характеристик в среде MATLAB при холостом пуске и пуске с нагрузкой;

№8 – расчёт и проверка модели АД-ПЧ – расчет статических характеристик системы преобразователь-двигатель, расчет и построение механических $\omega(M_{эм})$ и электромеханических $\omega(I_1)$ характеристик асинхронного двигателя при изменении частоты в среде MATLAB;

№9 – оформление пояснительной записки – окончательная проверка руководителем, устранение недочетов дипломником, подготовка к защите, подготовка презентации;

№10 – сдача проекта – это заключительный этап выполнения ВКР, в котором, студент осуществляет защиту своей работы.

5.2.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников выполнения проекта. Трудоемкость выполнения технического проекта оценивается экспертным путем в рабочих днях и носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов [10].

Для определения, ожидаемого значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула [10]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5},$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, раб.дн.;

$t_{min\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), раб.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), раб.-дн.

Результаты расчетов продолжительности выполнения работ приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет продолжительности выполнения работ, раб.дн.

№	Вид работ	Исполнители	Минимально возможная трудоемкость	Максимально возможная трудоемкость	Ожидаемая трудоемкость
1	Составление ТЗ	Руководитель	1	1	1
2	Сбор и изучение литературы	Дипломник	6	10	8
3	Сбор исходных данных	Дипломник	6	10	8
4	Подготовка для ввода в базу	Дипломник	6	10	8
5	Отладка данных и проведение расчетов	Дипломник	12	14	13
		Руководитель	1	1	1
6	Выбор оборудования	Дипломник	2	4	3
7	Расчёт и проверка модели АД	Дипломник	12	14	13
		Руководитель	1	1	1
8	Расчет и проверка АД-ПЧ	Дипломник	12	14	13
		Руководитель	1	1	1
9		Дипломник	5	9	7

	Оформление пояснительной записки	Руководитель	1	3	2
10	Сдача проекта	Дипломник	1	1	1
		Руководитель	1	1	1

В качестве графика инженерных работ можно использовать диаграмму Ганта. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ (рисунок 23).

Исходя из диаграммы продолжительности работ, определяется участие каждого специалиста рабочей группы в разработке проекта: руководитель 7 дней, дипломник 103 дня.

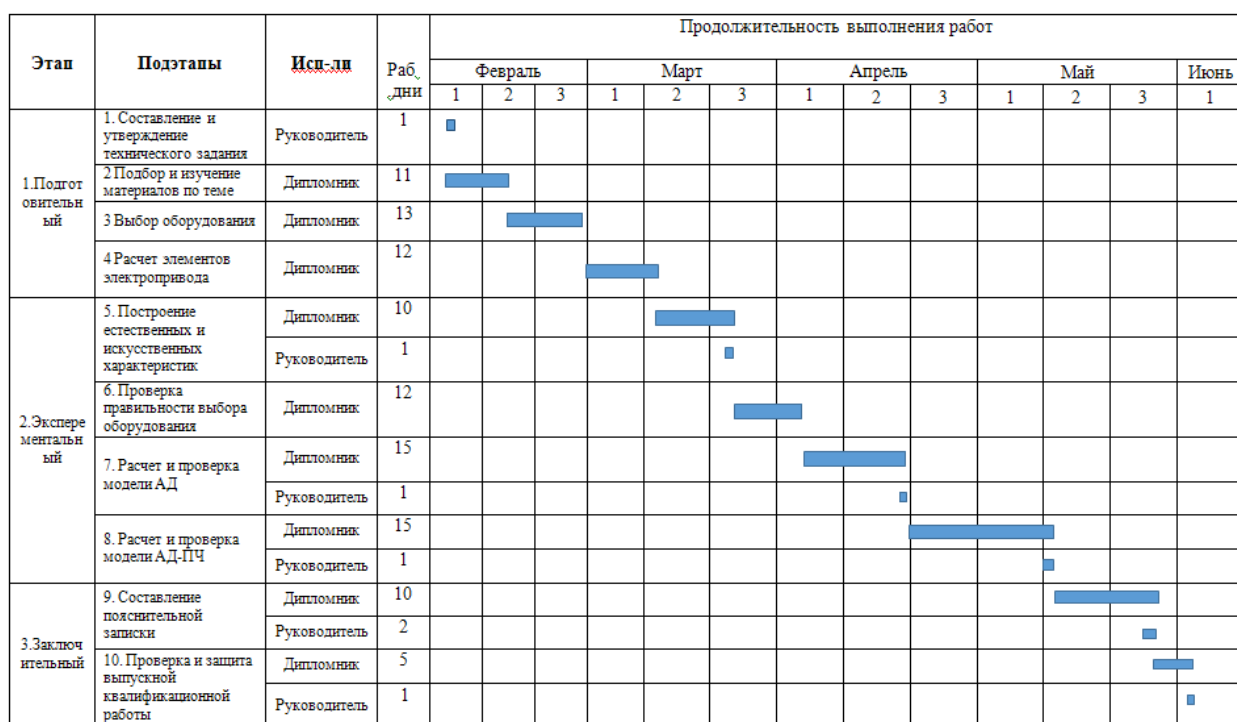


Рисунок 23 – Диаграмма Ганта

5.3 СОСТАВЛЕНИЕ СМЕТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА

При планировании сметы технического проекта (ТП) должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования сметы ТП используется группировка затрат по следующим статьям:

- затраты на спец. оборудование;
- полная заработная плата исполнителей проекта;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

5.3.1 ЗАТРАТЫ НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Стоимость специализированного оборудования мостового крана приведена в таблице 10.

Таблица 10 - Стоимость специализированного оборудования.

Наименование оборудования	Количество, шт.	Цена, руб
Двигатель МКTF-312-6	1	30520
Преобразователь частотны SiemensG120 PM240	1	74560
Комплектующие	1	19360
Датчики (тока, напряжения, ЭДС)	1	13185
Итого:		110157

Первоначальная стоимость оборудования рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{ОБ}} = Ц \cdot k_{\text{тр}},$$

где $C_{\text{ОБ}}$ - первоначальная стоимость оборудование

$Ц$ - цена оборудования

$k_{\text{тр}}$ - коэффициент на транспортные расходы.

$$110157 \cdot 1,15 = 126 \text{ тыс. руб.}$$

5.3.2 ПОЛНАЯ ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА ИСПОЛНИТЕЛЕЙ ВКР

В этом разделе включена основная и дополнительная заработная плата всех исполнителей, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Расчет полной заработной платы осуществляется следующим образом:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($З_{осн}$) исполнителя рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot Тр,$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

$Тр$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.
(таблица 9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_{тс} + З_{р.к}}{F_d}$$

где $З_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$З_{р.к}$ – районная доплата, руб

F_d – количество рабочих дней в месяце, раб. дн.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 11.

Таблица 11 – Расчёт основной заработной платы исполнителей

Исполнители	Оклад	Районная доплата, руб.	Зарплата месячная, руб	Продолжительность работ, раб. дн	Основная заработная плата, руб
Руководитель	33664	10099	43758	7	11781
Дипломник	12300	3690	15990	4	45510
Итого $Z_{\text{осн}}$, руб.					57291

Дополнительная заработная плата, составляет 12-15% от основной. Расчет дополнительной и полной заработной платы приведен в таблице 12. Таблица 12 – Расчет дополнительной и полной заработной платы

Исполнитель	Коэффициент дополнительной заработной платы	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб.	Полная заработная плата, руб
Руководитель	0,15	11781	1719	13500
Дипломник	0,12	45510	5490	51000
Итого		57291	7209	64500

5.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются: обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам, органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ)

и медицинского страхования (ФФОМС), страхование от несчастных случаев; от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды

$k_{внеб} = 30,2 \%$ в условиях ТПУ.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$З_{внеб} = 0,302 \cdot 64,5 = 19,5 \text{ тыс. руб.}$$

5.3.4 НАКЛАДНЫЕ РАСХОДЫ

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не включенные в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, и т.д. Величину накладных расходов принимаем в размере $K_{нр} = 16\%$ от общей суммы затрат.

5.3.5 Формирование сметы технического проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции. Определение затрат на технический проект приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Смета технического проекта

Наименование статьи	Сумма тыс.руб.	Структура затрат %
Материальные затраты ТП	126,0	50,4
Затраты по полной заработной плате исполнителей темы	64,5	25,8
Отчисления во внебюджетные фонды	19,5	7,8
Накладные расходы	40,0	16,0
Итого	250,0	100,0

Исходя из представленной выше таблицы 1.9, можно сделать вывод, что смета затрат на выполнение технического проекта составляет 250 тыс.руб. Большая часть (50 %) составляют затраты на спецоборудование.

5.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТА

Определение ресурсоэффективности [10] проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Для определения ресурсоэффективности проекта по проектированию электропривода передвижение тележки мостового крана рекомендуется мной рассмотреть следующие критерии:

Надежность - Мостовой кран в целом представляет собой систему, которая состоит из невосстанавливаемых и восстанавливаемых элементов.

Первые, в случае отказа, не могут быть восстановлены в процессе эксплуатации (например, подшипник качения), вторые – после отказа могут быть восстановлены и вновь введены в эксплуатацию (например, тормозные колодки, зубчатые полумуфты). Теория надежности устанавливает четыре состояния, в котором может находиться кран: неисправное, исправное, работоспособное и неработоспособное. В исправном состоянии кран выполняет свои рабочие функции, а также вспомогательные функции (например, обеспечивается удобство ремонта), имеет хороший внешний вид. В работоспособном состоянии кран может выполнять только свои рабочие функции и иметь незначительные повреждения (обшивки кабины, лакокрасочного покрытия).

Энергосбережение достигается за счет оптимального подбора мощности электродвигателей. Материалоёмкость один из основных показателей экономической эффективности общественного производства. характеризует удельный (приходящийся на единицу продукции) расход материальных ресурсов (основных и вспомогательных материалов, топлива, энергии, амортизации основных фондов) на изготовление продукции. может измеряться в стоимостном и натуральном выражении. Показатель используется при анализе производственно-хозяйственной деятельности промышленных предприятий, в частности себестоимости продукции, при сравнительном анализе удельных затрат в различных отраслях промышленности, а также при укрупнённых методах планирования материально-технических ресурсов, установления оптовых цен на новую продукцию и тому подобному.

Производительности труда – это показатель, характеризующий результативность труда, осуществляется в проекте благодаря автоматизации, но при этом капиталовложения возрастают.

Критерии ресурсоэффективности и их количественные характеристики приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Оценка разработки
Надежность	0,25	5
Энергосбережение	0,20	5
Материалоемкость	0,15	4
Производительность	0,15	4
Удобство	0,15	5
Способствует росту производительности труда пользователя	0,10	4
Итого:	1,00	4,6

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 = 4,6$$

С точки зрения коммерческого потенциала и перспективности разработки проекта отметим следующее:

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5 балльной шкале), что говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы надежности и энергосбережения позволяют судить о надежности системы. В данном разделе были рассмотрены и раскрыты следующие вопросы:

- произведен SWOT-анализ, который выявил, приоритетные стороны этого проекта, указывающие на перспективность проекта в целом. Кроме того, угрозы имеют низкие вероятности, что говорит о высокой надежности проекта.

- составлена диаграмма продолжительности работ, позволяющая скоординировать работу исполнителей;

- рассчитана смета затрат на выполнение технического проекта, которая составила 240 тыс.руб. Определен показатель ресурсоэффективности

проекта, который имеет достаточно высокое значение – 4,6 (по 5- балльной шкале)

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г4А1	Жуков Алексей Вадимович

Институт	Ишэ	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»: Частотно-регулируемый электропривод механизма передвижения крана КМ 20/5	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Электропривод механизма передвижения тележки крана КМ20/5, применяемого для выполнения крановщиком погрузочно-разгрузочных работ, монтажа, демонтажа и ремонта оборудования, перемещения грузов.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Возрастное ограничение, требования к образованию. Специальные нормы, предусмотренные спецификой выполняемых работ. Эргономика кабины крана и ее оснащение.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: 2.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:	1.Несоответствующие микроклиматические параметры 2.Повышенный уровень вибрации 3.Повышенный уровень шума 4.Недостаток необходимого освещения 1.Движущиеся машины и механизмы 2.Поражение электрическим током 3.Работа на высоте 4.Пожароопасность
3. Экологическая безопасность:	Загрязнение окружающей среды смазочными материалами. По истечению срока службы проведение мероприятий по утилизации.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	1.Аварии, связанные с поломкой крана 2.Пожар

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сотникова Анна Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-5Г4А1	Жуков Алексей Вадимович		

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Ранее в предыдущем разделе ВКР был произведен расчет электропривода механизма передвижения тележки крана КМ20/5, применяемого для выполнения крановщиком погрузочно-разгрузочных работ, монтажа, демонтажа и ремонта оборудования, перемещения грузов. На мосту и на тележке размещается электрооборудование и основные узлы и механизмы.

Данный раздел ВКР посвящен выполнению анализа и разработке мер по обеспечению благоприятных условий труда при ее выполнении. Произведен анализ вредных факторов таких как: шумообразование в кабине крановщика; монотонность трудового процесса, зрительное напряжение, нервно-эмоциональные перегрузки, механические опасности, такие как вращающиеся детали, работа на большой высоте.

6.1 ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.

6.1.1 СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРАВОВЫЕ НОРМЫ ТРУДОВОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА

До работ на кране допускаются только обученные и аттестованные крановщики не моложе 18 лет, имеющие образование не ниже 8 классов, годные по состоянию здоровья, что должно быть подтверждено результатами медицинского освидетельствования.

В соответствии со ст. 104 ТК РФ допускается введение суммированного учета рабочего времени с учетным периодом три месяца. В случае, если по причинам сезонного и (или) технологического характера, установленная продолжительность рабочего времени не может быть соблюдена в течение учетного периода продолжительностью три месяца, отраслевым (межотраслевым) соглашением и коллективным договором может быть предусмотрено увеличение учетного периода для учета рабочего времени

таких работников, но не более чем до одного года. При этом продолжительность рабочего времени за учетный период не может превышать нормального числа рабочих часов.

При проведении работ в зимнее, то согласно ст 109 ТК РФ крановщик имеет право на перерывы на обогрев, которые входят в рабочее время.

Согласно ст.117 ТК РФ крановщику предоставляется ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск в силу условий труда, минимальная продолжительность которого составляет 7 календарных дней.

Согласно ст. 329 ТК РФ работникам, труд которых непосредственно связан с управлением транспортными средствами или управлением движением транспортных средств, не разрешается работа по совместительству, непосредственно связанная с управлением транспортными средствами или управлением движением транспортных средств.

6.1.2 ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ КОМПОНОВКЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Для подъема на рабочее место машиниста на экскаваторе должна быть установлена безопасная лестница с высотой перил от поверхности ступени 850-950 мм.

Дверной проем должен иметь высоту не менее 1900 мм, ширину не менее 650 мм (для исполнения ХЛ - не менее 750 мм) с учетом уплотнения. Запорное устройство и уплотнение должны обеспечивать герметичность и безотказное открывание и закрывание двери.

Кресло должно создавать условия для поддержания корпуса человека в физиологически рациональном положении, в том числе за счет профилирования спинки и сиденья, а также обеспечивать условия для отдыха. Основные размеры кресла крановщика (мм), приведены в таблице 15:

Таблица 15 - Основные размеры кресла рабочего места крановщика

ширина поверхности сиденья, не менее	400
глубина поверхности сиденья	400-420
высота спинки, не менее	500
ширина опорной поверхности спинки, не менее	400
регулируемая высота поверхности сиденья от уровня установки ног	360-450
горизонтальное (продольное) регулирование, не менее	100
высота подлокотников, мм	200-240
ширина подлокотников, не менее, мм	50
длина подлокотников, мм	250-300

Кроме того, кабина крановщика должна быть оборудована средствами или устройствами:

- 1) для предотвращения запотевания и обмерзания стекол при температуре наружного воздуха до минус 40 °С, по требованию заказчика для исполнения ХЛ по ГОСТ 15150-69 - до минус 55 °С;
- 2) для защиты глаз машиниста от прямых солнечных лучей (солнцезащитные козырьки, тонированные стекла и др.);
- 3) для очистки наружной поверхности лобового стекла от загрязнения и атмосферных осадков, обеспечивающими рациональные зоны очистки;
- 4) для установления, регулирования и поддержания комфортных микроклиматических условий;
- 5) для аварийного покидания кабины.

Остекление кабины должно быть устойчивым к механическому воздействию по ГОСТ 5727-88. Окна должны иметь форточки или частично открываться. Стекла по периметру должны иметь вибродемпфирующую прокладку.

6.2 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Таблица 16 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Раз работ ка	Из готов ление	Эк сплуа тация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие требования безопасности и эргономики к рабочему месту машиниста и методы их контроля ГОСТ 12.2.130-91*[1] Шум. Общие требования безопасности ГОСТ 12.1.003-83*[7] Вибрационная безопасность. Общие требования ГОСТ 12.1.012-90*[8] Стекло безопасное для наземного транспорта ГОСТ 5727-88*[5] Строительство. Нормы освещения строительных площадок ГОСТ 12.1.046-85*[9]
2. Превышение уровня шума	+	+	+	
3.Повышение уровня вибрации		+	+	
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека		+	+	
6.Работа на высоте		+	+	
7.Пожар	+	+	+	

6.2.1. АНАЛИЗ ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ, КОТОРЫЕ МОГУТ ВОЗНИКНУТЬ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Несоответствующие микроклиматические параметры: Рабочее место крановщика – кабина крана, являющаяся ограниченным рабочим пространством. При проведении работ происходит выделение диоксида углерода, паров влаги и тепла от работника. Также следует учесть условия солнечной инсоляции, которые в летнее время года приводят к избыточному теплу, особенно в летнее время года, а при проведении работ в зимнее время, напротив, возможен недостаток тепла.

Температура, относительная влажность и скорость движения воздуха в кабине управления должны соответствовать для категорий работ средней тяжести Па и Пб значениям, указанным в табл.3.[ГОСТ 12.2.130-91]

Таблица 17 - Климатические показания рабочей зоны

Сезон года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый период	Не выше +31	25-75	0,2-0,7
Холодный и переходный периоды	От +15 до +23	25-75	0,3-0,4

Примечание. Вертикальный и горизонтальный перепад температур не должен превышать 4 °С.

В районах с повышенной относительной влажностью наружного воздуха допускается для теплого периода года относительная влажность в кабине на 10% выше установленной в табл.1. Температура металлических поверхностей стен внутри кабины на высоте не более 0,5 м не должна превышать 35 °С.

Отклонение условий микроклимата может привести к резкому снижению работоспособности и даже к профессиональным заболеваниям.

Перегрев: При температуре воздуха более 30 °С и значительном тепловом излучении от нагретых поверхностей наступает нарушение терморегуляции организма, что может привести к перегреву организма, особенно если потеря пота в смену приближается к 5 л. Наблюдается нарастающая слабость, головная боль, шум в ушах, искажение цветного восприятия, тошнота, рвота, повышается температура тела. Дыхание и пульс учащаются, артериальное давление вначале возрастает, затем падает. В тяжелых случаях наступает тепловой, а при работе на открытом воздухе — солнечный удар. Возможна судорожная болезнь, являющаяся следствием нарушения водно-солевого баланса и характеризующаяся слабостью, головной болью, резкими судорогами.

Охлаждение: Длительное и сильное воздействие низких температур может вызвать различные неблагоприятные изменения в организме человека. Местное и общее охлаждение организма является причиной многих заболеваний: миозитов, невритов, радикулитов и др., а также простудных заболеваний. В особо тяжелых случаях воздействие низких температур может привести к обморожениям и даже смерти.

Повышенная влажность воздуха (более 75...85%) в сочетании с низкими температурами оказывает значительное охлаждающее действие, а в сочетании с высокими — способствует перегреванию организма. Относительная влажность менее 25% также неблагоприятна для человека, так как приводит к высыханию слизистых оболочек и снижению защитной деятельности мерцательного эпителия верхних дыхательных путей.

Опасные факторы перегрева и охлаждения в основном присутствуют при работе непосредственно на кране во время ремонта и наладки оборудования.

Повышенный уровень вибрации: Источником вибрации при работе кранов является электропривод кранового механизма и передаточные устройства во время движения крана.

Воздействие производственной вибрации на человека вызывает изменения как физиологического, так и функционального состояния

организма человека: повышение утомляемости, увеличении времени двигательной и зрительной реакции, нарушении вестибулярных реакций и координации движений, что ведет к снижению работоспособности и производительности труда, соответственно, а также происходит развитие нервных заболеваний, нарушение функций сердечно-сосудистой системы, нарушение функций опорно-двигательного аппарата, поражение мышечных тканей и суставов, нарушение функций органов внутренней секреции, что влечет за собой возникновение вибрационной болезни.

Допустимые скорректированные значения виброускорения не должны превышать значений, приведенных в табл.4 [ГОСТ 12.1.012-90].

Таблица 18 - Виды и значения виброускорения рабочей зоны

Вид вибрации	Допустимые скорректированные значения виброускорения, м/с
Общая категория: на сиденье машиниста в направлении*	0,27
Локальная: на рукоятках управления в направлении движения руки	2,0

* Технически достижимая вибрационная характеристика должна быть не более 0,54м/с.

Вибрация в кабине возникает только при движении крана или тележки, и имеет повторно-кратковременное воздействие.

Повышенный уровень шума: В кабине крановщика преобладает шум механического происхождения, возникающий в результате работы механизма крана, а также бульдозерами и тягачами, которые используются при проведении погрузочно-разгрузочных, монтажных и прочих работ.

Воздействие шума является причиной повышенной утомляемости, потери слуха, снижения производительности труда.

Уровень звука, излучаемый экскаватором в окружающую среду в контрольной точке и на рабочем месте, не должен превышать 80 дБА [ГОСТ 12.1.003-83].

Уровень шума в кабине соответствует нормативным и имеет временные характеристики.

Недостаток необходимого освещения: Недостаточная освещенность рабочей зоны может вызвать ослепленность или привести к быстрому утомлению и снижению работоспособности и существенному повышению риска травматизма.

Освещенность в люксах на постоянном рабочем месте и поверхности забоя при всех включенных осветительных приборах должна соответствовать значениям, приведенных в таблице 19 [ГОСТ 12.2.130-91]:

Таблица 19 - Освещенность рабочей зоны

пульт управления при работе экскаватора	20
стол для записей (для шагающих экскаваторов)	150
зона объекта различения	75
зона под стрелой в крайней точке черпания	10

Для соблюдения требуемых норм освещенности целесообразно применение дополнительных источников освещения.

6.2.2 АНАЛИЗ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ, КОТОРЫЕ МОГУТ ВОЗНИКНУТЬ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Движущиеся машины и механизмы: Основными видами опасности, воздействующими на крановщика, являются:

- Механические виды опасности, связанные с подъемными операциями грузоподъемными кранами и машинами, грузозахватными приспособлениями, тарой и люльками;

- Опасность, вызванная поступательным движением машины, грузовых тележек: движение во время запуска двигателя; движение при отсутствии машиниста на своем месте; движение при отсутствии надежного закрепления всех составных частей, деталей; чрезмерно высокая скорость крана, машины, грузовой тележки, управляемых с пола; слишком высокие колебания крана (груза) при движении; недостаточная способность крана или машины к замедлению, выключению, остановке и удержанию.

Поражение электрическим током: Применяемое в производственном процессе электрооборудование напрямую влечет за собой возможность поражения электрическим током, последствия которого могут быть в виде ожогов участков кожи тела, перегрева различных органов, а также возникающих в результате перегрева разрывов кровеносных сосудов и нервных волокон, электролиза крови, и как следствие, нарушения нормального функционирования организма, а также опасного возбуждения клеток и тканей организма, в результате чего они могут погибнуть.

Оказаться под влиянием электрического тока возможно при замыкании на корпус крана или коротком замыкании в пульте управления.

Работа на высоте: Возможность возникновения несчастных случаев, связанных с падением с высоты при проведении ремонтных работ, обслуживающих мероприятий крана напрямую связана с нарушением техники безопасности, инструктажей работником.

Пожароопасность: При работе крана возможно возгорание оборудования вследствие короткого замыкания, что может повлечь опасность для крановщика и другого персонала, работающего непосредственно на площадке подкранового пути. При возникновении на кране пожара, крановщик должен немедленно отключить рубильник в кабине, через наземных рабочих вызвать пожарную охрану и приступить к тушению пожара имеющимися на кране противопожарными средствами (порошковым

огнетушителем, песком). После ликвидации пожара запрещается включать кран до проверки и разрешения ремонтного персонала.

6.2.3 МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ УРОВНЕЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ

Повышенный уровень шума на рабочем месте: При превышении уровня шума в рабочей зоне от 80 дБА, наниматель должен провести оценку риска здоровью персонала и подтвердить приемлемый риск здоровью.

Если эквивалентный уровень шума – от 85 дБА, то работать нельзя. Все оборудование, применяемое на участке обработки, для снижения шума установлено на виброопорах. Для защиты органов слуха применяют: наушники, антифоны, беруши.

Повышенный уровень вибрации: Снижение неблагоприятного воздействия вибрации ручных механизированных устройств на операторов достигается как путем уменьшения интенсивности вибрации непосредственно в ее источнике (за счет конструктивных усовершенствований), так и средствами внешней виброзащиты, которые представляют собой упругодемпфирующие материалы и устройства, размещенные между источником вибрации и руками оператора.

В качестве средств индивидуальной защиты работающих используют специальную обувь на массивной резиновой подошве. Для защиты рук служат рукавицы, перчатки, вкладыши и прокладки, которые изготавливают из упругодемпфирующих материалов.

Несоответствие показателей микроклимата: Работникам, работающим в холодное время года на открытом воздухе или в закрытых необогреваемых помещениях, а также грузчикам, занятым на погрузочно-разгрузочных работах, и другим работникам в необходимых случаях предоставляются специальные перерывы для обогрева и отдыха, которые включаются в рабочее время. Работодатель обязан обеспечить оборудование помещений для обогрева и отдыха работников

В качестве средств индивидуальной защиты при работе на открытом воздухе в сильные морозы применяется: теплая спецодежда, утепленные прорезиненные рукавицы, валенки на резиновом ходу, шапка - ушанка. В

пасмурную дождливую погоду используются резиновые плащи и сапоги, а также резиновые верхонки.

Движущиеся машины и механизмы: Сигнализация является средством, позволяющим работникам ориентироваться в случае аварийной ситуации и принять необходимые меры предосторожности. На кранах обычно применяют звуковую сигнализацию, срабатывающую при сильном ветре. Средствами защиты от травмоопасных и вредных производственных факторов на козловом кране являются приборы и устройства безопасности: ограничители грузоподъёмности – осуществляют ограничение грузоподъёмности при помощи конечных выключателей типа ВК-300А, установленных на ограничителях, ограничители крайнего верхнего положения траверсы – осуществляют два конечных выключателя типа ВУ-250М или четыре ВПК-1110, соединёнными с валами грузовых лебёдок; ограничитель концов рабочего участка рельсового пути при передвижении перегружчика – осуществляет ограничение пути крана конечным выключателем типа КУ-701; блокировка двери кабины – препятствует включению перегружчика в работу при открытой двери кабины, осуществляется конечным выключателем ВПК-1110;

Повышенное значение напряжения в электрической цепи: Анализ электротравматизма показывает, что большинство несчастных случаев с работниками, обслуживающими электроустановки, происходит в результате потери им ориентировки при осмотрах, ремонтах и испытании. Электрические блокировки являются наиболее надёжным средством защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током. Они препятствуют доступу работающих к токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением. Ограничители так же, как электрические блокировки, служат для защиты людей и оборудования при неправильных действиях в процессе работы.

Пожар: Согласно СП 12.13130-2009 рабочее место мостового крана по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории “Г” т.е.умеренная пожароопасность.

Основными источниками являются сварочные полуавтоматы и электроустановки.

Все электроустановки должны быть защищены аппаратами защиты от токов КЗ и других аварийных режимов, которые могут привести к пожарам и загораниям.

Работа на высоте: Так техническое обслуживание, осмотр, регулировка и ремонт частей крана, расположенных на высоте более 4,0 м, разрешается выполнять только при наличии у крановщика страховочного пояса или при условии, что он находится внутри металлоконструкций и опирается на лестницу.

При эксплуатации электроустановок запрещается:

использовать электродвигатели и другое электрооборудование, поверхности которого при работе нагреваются более чем на 40° С по сравнению с температурой окружающего воздуха;

использовать кабели и провода с поврежденной изоляцией и изоляцией, которая в процессе эксплуатации потеряла необходимые электроизоляционные свойства (например, сопротивление изоляции каждого участка в электросетях до 1000 В должно быть не ниже 0,5 МОм на фазу);

оставлять под напряжением электрические провода и кабели с неизолированными концами;

пользоваться поврежденными розетками, соединительными коробками, рубильниками и другими электроустановочными изделиями.

Большое значение и профилактике аварийных режимов в электроустановках имеет правильный выбор аппаратов защиты. Так, защита от перегрузок с помощью предохранителей возможна при условии, если защищаемые элементы установки будут иметь запас по пропускной способности на 25 % больше номинального тока плавких вставок.

При эксплуатации машин и оборудования с электроприводами и электросетей запрещается: использовать электрические кабели с поврежденной изоляцией и плохим контактом в местах соединения; допускать соприкосновение электрических проводов как между собой, так и с металлоконструкциями; применять некалиброванные плавкие вставки и различные предохранители собственного изготовления; оставлять без

присмотра включенными в электросеть нагревательные приборы; применять для отопления и сушки самодельные электронагревательные приборы.

Кроме указанных требований, специфичных для эксплуатации электроустановок, всему персоналу следует соблюдать общие правила пожарной безопасности, в том числе режимного характера (курение в строго установленных местах, соблюдения правил пользования открытым огнем при ремонтных работах, сварке, пайке и т. п.). Выполнение этих требований позволяет сократить число пожаров на объектах. Вместе с тем следует учитывать, что профилактика пожаров не может полностью гарантировать от возможности их возникновения. В этом случае наряду с правильными действиями по тушению пожара важное значение приобретает своевременное его обнаружение, что достигается применением автоматической пожарной сигнализации.

6.3 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

В процессе эксплуатации крана возможно загрязнение окружающей среды смазочными материалами.

Для того чтобы исключить или минимизировать требуется, во-первых, проводить своевременные регламентные работы по техническому обслуживанию и ремонту кранов.

Во-вторых, оперативно, квалифицированно и своевременно ликвидировать источники загрязнения при их возникновении.

Что касается электроприводов, то они рассчитаны на длительный срок службы, по истечении которого должны быть утилизированы.

Утилизируемые электроприводы демонтируются, разбираются и сортируются по различным материалам: отходы электронных деталей, черные и цветные металлы, смазочные материалы.

При утилизации должны соблюдаться следующие правила:

- отсортированные материалы удаляются через упорядоченную систему утилизации, с соблюдением местных правил;
- при утилизации должны быть выдержаны нормы охраны окружающей среды;
- смазочные материалы представляют опасность загрязнения водных ресурсов, поэтому не должны попасть в окружающую среду.

6.4 БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ.

При эксплуатации крана возможны различные аварийные ситуации, связанные с поломкой и выходом из строя: спадания канатов с барабана или блоков, образовании на канатах петель или обнаружения повреждения канатов, неисправности приборов и устройств безопасности. В случае их возникновения крановщик обязан прекратить работу и сообщить ремонтной службе.

Наиболее опасной для жизни и здоровья работника является ЧС в виде пожара. Причинами тому может стать халатное отношение работника к технике пожарной безопасности, использование недопустимого оборудования, не соблюдение графика проведения ремонтных и обслуживающих транспортных средств работ, наличие работающего электрооборудования, которое также необходимо обслуживать и эксплуатировать в исправном состоянии.

При возникновении на кране пожара, крановщик должен немедленно отключить рубильник в кабине, через наземных рабочих вызвать пожарную охрану и приступить к тушению пожара имеющимися на кране противопожарными средствами (порошковым огнетушителем, песком). После ликвидации пожара запрещается включать кран до проверки и разрешения ремонтного персонала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был рассмотрен и рассчитан частотно–регулируемый электропривод механизма передвижения крана КМ20/5. На основе анализа требований, предъявляемых к электроприводу, выбран крановый электродвигатель, предназначенный для частотного регулирования, и преобразователь частоты, обеспечивающий требуемый набор функций управления. В качестве способа управления выбрано скалярное управление. В ходе работы рассчитаны и построены электромеханические и механические характеристики электропривода и нагрузки, на основании которых была проведена проверка правильности выбора двигателя и преобразователя.

Путем имитационного моделирования исследованы все основные режимы работы: пуск на минимальную и максимальную скорость, сброс и наброс нагрузки, останов. Также было произведено исследование работы электропривода с ограничением тока. Оно показало, что электропривод работоспособен при перегрузках. Таким образом, на основании полученных результатов проектирования можно сделать вывод, что спроектированный электропривод полностью отвечает условиям технического задания.

В разделе «Финансовый менеджмент» выпускной квалификационной работы были рассмотрены, раскрыты и рассчитаны следующие вопросы.

- показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5 балльной шкале), что говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы надежности и энергосбережения позволяют судить о надежности системы. В данном разделе были рассмотрены и раскрыты следующие вопросы:

- произведен SWOT-анализ, который выявил, приоритетные стороны этого проекта, указывающие на перспективность проекта в целом. Кроме того, угрозы имеют низкие вероятности, что говорит о высокой надежности проекта.

- составлена диаграмма продолжительности работ, позволяющая скоординировать работу исполнителей;
- рассчитана смета затрат на выполнение технического проекта, которая составила 240 тыс.руб. Определен показатель ресурсоэффективности проекта, который имеет достаточно высокое значение – 4,6 (по 5- балльной шкале)

CONCLUSION

In this paper, the frequency-controlled electric drive of the movement mechanism for the crane KM20 / 5 was considered and calculated. Based on the analysis of the requirements for the electric drive, a crane motor intended for frequency regulation has been selected and a frequency converter providing the required set of control functions. As a control method, scalar control is chosen. In the course of work, the electromechanical and mechanical characteristics of the electric drive and the load were calculated and constructed, on the basis of which the correctness of the choice of the motor and the converter was checked.

By simulation all the main operating modes are investigated: start-up to minimum and maximum speed, reset and load draft, stop. A study was also made of the operation of an electric drive with current limitation. It showed that the electric drive is functional at overloads. Thus, based on the obtained design results, it can be concluded that the designed electric drive fully meets the conditions of the technical assignment.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ласточкин В.М., Машин А. Е. Реализация энергосберегающих технологий в крановых электроприводах // Поъемно-транспортное оборудование.
- 2 Макаров А. А. Двигатели новой серии для частотно–регулируемого электропривода кранов // Электричество. – 2005. – №5.
- 3 Чернышев А. Ю., Чернышев И. А. Расчет характеристик электроприводов переменного тока. Ч. 1. Асинхронный электродвигатель: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 136 с.
- 4 Удут Л.О, Мальцева О.П. Кояин Н.В. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч 6. Механическая система электропривода. – издание 2–е переработанное и дополненное – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 148 с
- 5 Удут Л.О, Мальцева О.П. Кояин Н.В. Системы управления электроприводов: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 152 с.
- 6 Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч. 4 Теория оптимизации непрерывных многоконтурных систем управления электроприводов: учебное пособие / Л.С. Удут, О.П. Мальцева, Н.В. Кояин. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2007. – 164 с.
- 7 Системы управления электроприводов: учебное пособие / О.П. Мальцева, Л.С. Удут, Н.В. Кояин. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2007. – 152 с.
- 8 Ласточкин В.М., Шамрай Ф.А. Методика по силовому расчету частотно–регулируемых электроприводов крановых механизмов. – техническая коллекция Schneider Electric, 2007 г., 19 с.
9. Алиев И. И. Электротехнический справочник. – М.: ИП РадиоСофт, 2000. – 384 с.

- 10 Коршунова Л. А., Кузьмина Н. Г. Технико-экономическое обоснование инновационного проекта. Методические указания по выполнению экономического раздела ВКР для студентов энергетических специальностей всех форм обучения. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. СанПиН 2.2.272.4.1340-03.
- 11 ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
- 12 ГОСТ 21753-76 Система "человек-машина". Рычаги управления. Общие эргономические требования (с Изменением N 1)
- 13 ГОСТ 12.2.049-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие эргономические требования
- 14 ГОСТ 5727-88 Стекло безопасное для наземного транспорта. Общие технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3)
- 15 ГОСТ 12.1.005-88 ОБЩИЕ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВОЗДУХУ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ
- 16 ГОСТ 12.1.003-83 ШУМ. Общие требования безопасности
- 17 ГОСТ 12.1.012-90 ВИБРАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. Общие требования
- 18 ГОСТ 12.1.046-85 СТРОИТЕЛЬСТВО. НОРМЫ ОСВЕЩЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК